

VII

CERTAMEN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

“Carlota Riaño Lara”

I.E.S. GUADARRAMA: camino a la excelencia en bachillerato





I.E.S. GUADARRAMA

VII Certamen de Proyectos de Investigación “Carlota Riaño Lara”

I.E.S. Guadarrama: camino a la excelencia en bachillerato



*Con el patrocinio
del Ayuntamiento de Guadarrama*

Guadarrama abril 2024

Edita:
I.E.S. Guadarrama
Los Escoriales 9A
28440 Guadarrama (Madrid)

Con el patrocinio del Ayuntamiento de Guadarrama.

ISBN: 13 978-84-09-61371-7
Depósito legal: M-12565-2024

Maquetación y portada:
José Carlos Sánchez

Impresión: MARTE Impresiones

Todos los trabajos están a disposición de
consulta en el enlace <https://t.ly/KvazB>



Índice general

Introducción.....	6	ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE GOLPEO PLANO Y TOPSPIN EN EL TENIS DE MESA UTILIZANDO DOS RAQUETAS CON DIFERENTE FORMA. Mario Hidalgo Herrero Tutor: Daniel Capote Gómez.....	195
MICROEXPRESIONES: ¿EL POLÍGRAFO DEL FUTURO? SU EXPRESIÓN EN LAS DISTINTAS ETNIAS Y SU APLICACIÓN PARA LA DETECCIÓN DE MENTIRAS. Daniel Barquero García Tutora: Andrea Carolina Mosquera Varas.....	9	ADOLESCENTES Y PUBLICIDAD EN REDES SOCIALES. Almudena Lanzas Larrañeta Tutor: Juan José Albaladejo Aparicio.....	219
FORMICIDAE: Estudio de las preferencias alimentarias de hormigas en cautividad y en su medio natural. Helena Belloso Alonso Tutora: Paola García Martínez.....	39	“LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU DESEMPEÑO EN LA SOCIEDAD DEL FUTURO”. Sebastián Nicolae Mihalic Nasta Tutora: Paola Pucci.....	245
CUÉNTAMELO CON MÚSICA, CUÉNTAMELO SIN MÚSICA. Metodología para la literatura medieval por medio del rap en tercero de la ESO. Ana Berrocal Camacho Tutora: Ana G. Sáenz-Messía Iriarte.....	63	LA MÚSICA Y LA FÍSICA ¿LA BELLEZA TIENE NÚMEROS?. Paula Morata González Tutora: Pinar Molera Sanz.....	271
ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y LA EFICACIA EN LOS DISTINTOS GOLPEOS DE FÚTBOL CON DIFERENTE FORMA. Andrés Castro-Poveda Tutor: Daniel Capote Gómez.....	83	LE TROISIÈME SEXE Análisis sociolingüístico del lenguaje inclusivo en la lengua española. Álvaro Moreno Fernández Tutor: Yolanda Genicio Salomón.....	297
EL PODER DE LA MÚSICA, UN REFUGIO PARA ESCAPAR DEL ESTRÉS DIARIO. Mónica Galicia García Tutor: Juan José Albaladejo Aparicio.....	109	EL MICROCHIP Y LA GEOPOLÍTICA: Repercusión del desarrollo tecnológico del microchip en las relaciones políticas entre naciones. Marcos Pavón Marqués Tutora: Tutora: Paola Pucci.....	335
OPTIMIZACIÓN DEL APRENDIZAJE UN ANÁLISIS DE LOS DISTINTOS MÉTODOS DE ESTUDIO APLICADOS A LAS INTELIGENCIAS MÚLTIPLES. Emma García Morán Tutota: Andrea Carolina Mosquera Varas	139	ACERCANDO LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA. ¿Se puede entender la computación cuántica sin tener un grado universitario en física? Alberto Rodríguez-Solano Rodríguez Tutora: Tutora: Paola Pucci.....	357
LA MIGRACIÓN DURANTE LA ADOLESCENCIA: ¿UNA POSIBLE CAUSA DE LA DEPRESIÓN? Influencia del factor migratorio en la salud mental de adolescentes de origen hispanoamericano. Brenda Briseth Gonzales Olaya Tutora: Andrea Carolina Mosquera Varas.....	169	LA COMPLEJIDAD DEL AGUA, UNA BEBIDA TAN IMPRESCINDIBLE COMO SORPRENDENTE. Sergio Ruiz del Barrio Tutora: Pinar Molera Sanz.....	381
		ADOLESCENTES Y PUBLICIDAD EN REDES SOCIALES. Sokaina Zahraoui Tutor:.....	407

La investigación y el aprendizaje competencial

Pinar Molera Sanz y M^a Rosa Rocha del Lago (coords.)

Me resulta un auténtico orgullo y una gran responsabilidad poder presentar, en este prólogo, algunos de los Proyectos de Investigación de la VII Convocatoria "Carlota Riaño Lara" del IES Guadarrama.

Este centro educativo, un año más, y ya es el tercero, pone su foco en la investigación, y en sus jóvenes alumnos investigadores, como método para formar a la comunidad educativa. No es baladí el nombre que llevan los proyectos. Esta alumna hubiera sido una gran investigadora, como sin duda lo serán sus compañeros de generación, que están comenzando ya su andadura en estas lides.

Se habla permanentemente de la innovación educativa, en ocasiones se identifica con los medios tecnológicos, más ahora que la IA se ha instalado en todas las áreas de nuestra vida, también en la educativa y sin vistas a desaparecer. Si bien es cierto que profesorado y alumnado debemos incorporarla como una herramienta más y aprender a trabajar con ella; también lo es que estos proyectos, que con tanta pasión elaboran nuestros estudiantes año tras año, demuestran que la innovación va mucho más allá de la mera tecnología, que es solo un medio carente de ese sentimiento que les sobra a nuestros alumnos.

Resulta interesante ver la variedad temática elegida por el alumnado de esta convocatoria. Así encontramos proyectos que nos plantean si el troixième sexe existe, guiados de la mano de Álvaro Moreno y su inmensa bibliografía; intuimos que tal vez las nuevas tecnologías nos quiten el sueño a cargo del trabajo de Sokaina Zahraoui; disfrutamos de la música junto a Mónica Galicia, Paula Morata y Ana Berrocal y comprobamos que la música amansa a las fieras; Almudena Lanzas nos advierte de la mezcla que se establece entre adolescentes y redes sociales; Andrés Castro y Mario Hidalgo nos llevan al mundo del deporte y sus curiosidades; gracias a Sergio Ruíz beber agua ya nunca será lo mismo; de la mano de Helena Belloso entendimos muchas cosas sobre esos pequeños seres, las hormigas; Daniel Barquero nos asustó con su particular polígrafo de las mentiras; Brenda Gonzales nos acercó a la salud mental de los adolescentes; por su parte Emma García buscó el método más adecuado para cada

individuo; Sebastián Mihalic y Marcos Pavón nos ilustraron con las ventajas de incorporar la Inteligencia Artificial y las nuevas tecnologías a la vida del ser humano.

Con la elaboración de estos proyectos tan heterogéneos, el centro educativo se dinamiza gracias al insaciable apetito investigador de nuestros jóvenes. Esta forma de trabajo hace que los estudiantes desarrollen el pensamiento científico: formulando hipótesis, descartando unas y demostrando otras; realizando prospecciones y basando sus conclusiones en una delimitación de objetivos, en una metodología, en una fundamentación teórica y en una demostración científica. Estas conclusiones, en ocasiones, no concordarán con las metas planteadas inicialmente, hallando en el proceso nuevos caminos en un principio insospechados. Otras vías se quedarán inexploradas, abriendo puertas a próximos investigadores que podrán valerse también de las referencias bibliográficas de sus antecesores.

Me llama la atención ver cómo esos jóvenes, a los que he visto crecer y madurar, curso tras curso, se han convertido en estos jóvenes brillantes investigadores que han hecho este gran trabajo de investigación y, aun así, no están totalmente conformes con el resultado. Eso habla de su nivel de exigencia, de perfeccionamiento y del nivel de autocritica que ellos mismos se imponen. Es un hecho muy admirable, en estos tiempos en que vivimos, en que buscar información parece que es crear nueva información. Nada más lejos de lo que hacen nuestros jóvenes investigadores en este centro educativo.

Es todo un reto expresar el profundo lazo que une el Bachillerato y los estudios superiores. Los proyectos de investigación son un puente en este sentido, pues inician en un aprendizaje verdaderamente autónomo, desafiante, innovador y transformador.

En este aspecto radica parte del incipiente éxito que estos proyectos tienen año tras año: este sistema no se limita a la transmisión de conocimientos, sino que los estudiantes son los encargados de transformar los contenidos en algo que antes no existía y la investigación, que más tarde será clave en el entorno universitario, se erige como piedra angular del proceso. Esta forma de

trabajo genera un entorno educativo con estudiantes protagonistas de su propio proceso de aprendizaje, docentes que ejercen de guías y comunidades decididas a compartir conocimientos y a crecer. Estos proyectos no solo persiguen la adquisición de materias, sino el aprendizaje con ellas, de manera interdisciplinar, creativa e imaginativa. Los proyectos de investigación dinamizan contenidos (sobre todo en la fundamentación teórica y en el análisis de los datos desde revisiones críticas), procedimientos (jerarquización de ideas, integración de citas, resúmenes, cotejos en el marco teórico; en la metodología, en la confección de instrumentos de investigación, en el análisis, en la extracción de conclusiones) y actitudes (de manera transversal, en todas las fases de la investigación y en todas las preconcepciones) en perfecta interacción desde la motivacional de los alumnos, que escogen temas cercanos a sus propios intereses. Importa potenciar el aprendizaje competencial mediante los proyectos de investigación para avalar la figura del estudiante como protagonista de su propio aprendizaje y materializar el aprender desenvolviéndose en situaciones contextualizadas que generan una enseñanza aprendizaje significativa, sin olvidar el proceso constructivista de partir de lo conocido para generar conocimiento nuevo. Indudablemente, son proyectos que contribuyen de manera directa al fomento del pensamiento crítico en los alumnos, a la creatividad personal e individual sin renunciar al enfoque investigador.

Es necesario el agradecimiento al Ayuntamiento de Guadarrama por su apoyo y su compromiso, ya que se ocupa de la publicación de estos proyectos. Así como a los tutores e investigadores, por su ingente trabajo a lo largo del periodo que dura la investigación, a sus familias que, día tras día, apoyan y acompañan a estos nuevos estudiosos y a este centro educativo, el IES Guadarrama, que ha apostado por la investigación como un pilar fundamental y representativo latente en él.

La investigación está servida.

Abril 2024

Microexpresiones: ¿el polígrafo del futuro?

Su expresión en las distintas etnias y su aplicación para la detección de mentiras

Daniel Barquero García

Tutora: Andrea Mosquera Varas

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer al I.E.S Guadarrama y a todos sus componentes por promover la realización de los proyectos de investigación y por su implicación en ellos proporcionándome las herramientas necesarias para poder llevarlo a cabo.

Agradecer también a todos los profesores que ayudaron voluntariamente y me apoyaron durante este proceso, destacando a Pinar Molera Sanz y a María Jesús Simón Perea, que me ayudaron a reconducir el proyecto después de todos los sucesos acaecidos.

Mi especial agradecimiento a Andrea Carolina Mosquera Varas por tutorizar mi proyecto pese a la gran cantidad de esfuerzo que suponía. Gracias por tu gran implicación y por tu confianza en mi trabajo que hizo posible su realización.

A mi familia y amigos que me animaron y apoyaron incondicionalmente durante el desarrollo de esta investigación. Gracias por vuestra infinita paciencia.

Por último, agradecer la inmensa implicación de todos aquellos que participaron en los experimentos, a los alumnos en especial, que dispusieron su esfuerzo y tiempo libre a merced del proyecto.

ÍNDICE

Agradecimientos	10
1.Resúmenes y palabras clave	12
1.1 Resumen	12
1.2 Abstract	12
1.3 Résumé	12
2.Introducción	13
2.1 Justificación	13
2.2 Hipótesis	13
2.3 Objetivos	13
3.Metodología	14
4.Marco teórico	14
4.1 Microexpresiones	14
4.1.1 ¿Qué son?	14
4.1.2 Origen del descubrimiento de las microexpresiones	15
4.1.3 Otras expresiones corporales	15
a) Emblemas	15
b) Ilustraciones	16
4.2 Emociones primarias	16
4.2.1 ¿Qué son?	16
4.2.2 Beneficios de su uso como medidor de expresiones faciales	16
4.3 Las emociones y sus microexpresiones	16
4.3.1 Sorpresa	17
4.3.2 Miedo	19
4.3.3 Asco	20
4.3.4 Ira	21
4.3.5 Alegría	21
4.3.6 Tristeza	22
4.3.7 Mezcla de emociones	23
4.4 Etnias	24
4.4.1 ¿Qué se considera una etnia?	24
4.4.2. Diferencia entre raza y etnia	24
4.5 El polígrafo	25
4.5.1 ¿Qué es y cómo funciona la prueba del polígrafo?	25
4.5.2 Estudios de efectividad anteriores	26
5. Análisis y recogida de datos	27
5.1 Recogida de datos	27
5.2 Análisis de datos	28
6.Conclusiones	32
7.Próximas líneas de investigación	33
8.Bibliografía	33
9. Anexos	34

1. RESÚMENES Y PALABRAS CLAVE

1.1 Resumen

En los últimos años, la visualización del lenguaje no verbal como método para descubrir mentiras ha ido aumentando en la industria audiovisual. A su vez, se han ido aplicando dichas técnicas en ámbitos científicos, jurídicos y laborales como herramienta de estudio de las personas pese a la aún presente disparidad de opinión en cuanto a su validez. Es por ello que se ha realizado un estudio de las microexpresiones faciales, su universalidad, independientemente del origen étnico de cada individuo, su aplicación en la detección de mentiras y su relación con los tests poligráficos.

La pregunta de esta investigación fue abordada mediante 3 experimentos en los que se sometieron a estudio las microexpresiones aceptadas actualmente dentro del lenguaje no verbal y la efectividad de las pruebas poligráficas. Se ha estudiado tanto la universalidad de dichas expresiones mediante la exposición de los sujetos a distintas imágenes asociadas a una emoción, como la conexión entre las microexpresiones y el polígrafo en la detección de engaños, realizándose, para ello, entrevistas de preguntas cortas a los voluntarios de los experimentos

Posteriormente, se sometieron a observación los datos mediante el análisis minucioso de las grabaciones obtenidas en los experimentos y la evaluación estadística de variables mediante el chi cuadrado.

Las conclusiones del presente trabajo afirman: la universalidad de las microexpresiones en cinco de las seis emociones primarias, el posible uso de dichos gestos en el estudio del engaño por su amplio porcentaje de acierto y la posible aplicación de las mismas junto al polígrafo por la relación existente entre ambas variables. Sin embargo, también se encontró, en un pequeño porcentaje de las mujeres participantes, una expresión de sorpresa que no se había recogido hasta entonces. Este dato no contradice la universalidad de las microexpresiones ya mencionadas pero sí propicia la existencia de otras no universales.

Palabras clave: microexpresión facial, test poligráficos, universalidad, lenguaje no verbal, origen étnico, emociones primarias.

1.2 Abstract

In the last decades, the analysis of non-verbal language as a method for revealing lies has been increasing in the film industry. At the same time, these techniques have been applied in scientific, legal and working fields as a tool for studying people, even though there continues to be a disparity of opinions on this issue. Within this framework, a study in microexpressions, there's universality regardless of ethnicity, and there's use in lie detection in relation with polygraph test was carried out.

The research question in this study was addressed in 3 experiments conducted in order to analyse the microexpressions that are nowadays accepted inside non-verbal communication as well as the effectiveness of the polygraph tests.

The universality of those expressions was studied by exposing people to images related to each of the primary emotions. Moreover, the relationship between facial expressions and polygraph tests in lie detection was tested by means of different short-answer questions participants had to answer during the experiment's interviews.

The data obtained from the thorough analysis of the videos recorded during the experiments were statistically assessed by means of the Chi Square tests.

The conclusions stated the universality of microexpressions in five of the six main emotions. It was also proven that it is possible to employ them to find out lies, and that microexpressions and polygraph tests can be used together as there is a relationship between them.

However, a small percentage of women showed a new surprise expression that had not been taken into account as a gesture of this emotion. This does not deny that there exists universality of gestures in primary emotions, but leaves the door open to new facial expressions that are not universal.

Key words: microexpressions, polygraphy, non-verbal language, ethnicity, universality, primary emotions.

1.3 Résumé

Dans les dernières années, la vision du langage non-verbal comme une manière de découvrir les mensonges a augmenté donc l'industrie audiovisuel. De plus, ces techniques ont été mises en œuvre sur le domaine scientifique, le monde du travail ou le domaine judiciaire comme un instrument

d'étude des personnes malgré qu'il y a certaines disparités d'opinions. C'est pour ça qu'une recherche a été réalisée sur les microexpressions faciales, leur universalité indépendamment de l'origine ethnique de chacun, leur application sur la détection de mensonges et sa relation avec la polygraphie.

La question de cette recherche a été répondue en étudiant les microexpressions actuellement acceptées au titre de la communication non-verbale et l'effectivité des essais polygraphiques avec trois expériences.

Dans ces expériences, il a été étudié l'universalité de ces expressions par l'exposition des sujets à différentes images associées à une émotion précise tout comme la corrélation entre les microexpressions et le polygraphe sur la détection des mensonges par la réalisation de questionnaires des questions courtes aux volontaires des expériences.

Après, les données ont été observées par l'analyse des vidéos obtenues durant les expériences et l'évaluation statistique des variables par le Khi-carré.

Finalment, les conclusions de ce projet confirment l'universalité des microexpressions en cinq des six émotions primaires, l'usage possible de ces expressions, gestes, donc l'étude de mensonges, par son important pourcentage de bonne réponse, et la possibilité d'unir ces gestuelles faciales avec le polygraphe pour sa relation entre les deux variables qui existent. Pourtant, une expression de surprise a été trouvée dans un petit pourcentage des femmes qui ont participé aux tests. Cette donnée ne contredit pas l'universalité des microexpressions des cinq émotions principales qu'on peut affirmer qui sont universelles, mais si elle favorise l'existence des microexpressions non universelles.

Mots clés: microexpressions, polygraphie, langage non-verbal, origine ethnique, universalité, émotions principales.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Justificación

Desde la década de los 90, la aparición del lenguaje no verbal como herramienta para entender al oponente, detenido o sospechoso y la verdad de sus palabras, es un detalle reseñable en géneros artísticos como las novelas policíacas o el mundo cinematográfico de acción. A su vez, se aprecia la utilización del polígrafo en estos mismos géneros.

Pero, personalmente, fue hace 8 años, a partir de la serie

Miénteme en la que se restringía el valor del lenguaje no verbal al aportado solamente por los registros faciales, cuando escuché por primera vez este concepto: microexpresión.

En esta serie, mediante el estudio de dichas microexpresiones, se conseguía resolver casos policiales, y fue por ello que me planteé averiguar la veracidad de la existencia de las mismas en la realidad.

Tras leer varios libros como *Cómo detectar mentiras: una guía para utilizar en el trabajo, la política y la pareja*, del autor Paul Ekman, se certificó la existencia real de estos gestos.

A la hora de elegir el tema de mi proyecto, se me ocurrió esta opción y decidí indagar más al respecto. Para mi sorpresa, muchas de las investigaciones en este ámbito hablaban sobre la indistinción entre etnias, pero realmente existían contradicciones entre autores sobre ello.

A su vez, decidí continuar ampliando lo conocido acerca de la utilidad de las microexpresiones para la detección de mentiras desde el marco comparativo étnico anterior, y su comparación con la eficacia del polígrafo. Todo ello sobre la base de investigaciones que respaldaban el estudio de la expresión corporal como herramienta para llegar a la verdad (queriendo comprobar el grado de eficacia real de este método y la posible sustitución o anexión al sistema del polígrafo hasta el momento usado).

Por todo ello, llegué a formularme la siguiente cuestión: ¿existen microexpresiones comunes a todas las etnias? ¿Y sirven estas expresiones para detectar mentiras?

2.2 Hipótesis

La hipótesis del presente proyecto que se pretende verificar es la siguiente: existen microexpresiones comunes a todas las etnias, sirven para detectar de mentiras y están relacionadas con el polígrafo en el análisis de engaños.

2.3 Objetivos

El ámbito de las microexpresiones se estudia en profundidad desde hace 200 años, llegándose a plantear la universalidad de las mismas. Es por ello que su uso a la hora de hacer entrevistas de trabajo, analizar a un paciente por parte de un psicólogo, etc. es cada vez mayor.

Por nuestra parte, partiendo de la hipótesis anteriormente mencionada, hemos planteado los siguientes objetivos (tanto generales como otros más específicos dentro de estos) a conseguir para la profundización en este campo:

1. Comprobar la réplica de las microexpresiones en personas de diferentes etnias al inducir la emoción ligada a esas microexpresiones.
 - a. Seleccionar las emociones primarias en las que basar el estudio.
2. Comprobar la aplicación de expresiones faciales como método para detectar mentiras y su grado de eficacia.
 - a. Utilizar una inteligencia artificial entrenada para mejorar el grado de detección de engaños a la vez que la detección humana.
 - b. Obtener datos de individuos entrenados en la expresión corporal (políticos) para su estudio comprobando la persistencia de las microexpresiones.
 - c. Forzar situaciones de embuste para buscar el uso de la mentira de los sujetos.
3. Hacer una comparación de efectividad entre las microexpresiones y los resultados del polígrafo.
 - a. Legitimar el uso de los caracteres faciales como método más efectivo frente al instrumento de detección de mentiras.
 - b. Abrir la posibilidad de unir ambos métodos llegando a poder fusionarlo con IA.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto seguimos una serie de pasos y directrices descritos a continuación:

Para el marco teórico recurrimos a distintas fuentes y autores para recabar el conjunto de información y definiciones necesarias para fundamentar la parte práctica del trabajo. Sin embargo, debido a que la base a partir de la cual se reafirman otros autores son los conocimientos y descubrimientos de Paul Ekman, basamos los gestos asociados a cada emoción de los puntos del 4 al 9 del marco teórico en su obra: *Unmasking the face: a guide to recognizing emotions from facial expressions*.

Dentro del estudio práctico realizamos tres experimentos para comprobar la veracidad o no de la hipótesis:

- **Primer experimento:** se estudian los rasgos faciales que se despiertan en los participantes al mostrarles una serie de imágenes y vídeos focalizados en obtener una emoción concreta.
- **Segundo experimento:** partiendo de una serie de preguntas de desarrollo personal, descripción de si-

tuaciones y cuestiones de afirmación o negación, medimos los movimientos faciales, la concentración de oxígeno y las pulsaciones (estas dos últimas variables a través de un pulsioxímetro u oxímetro de dedo).

- **Tercer experimento:** seleccionamos y visualizamos ruedas de prensa de políticos para medir sus reacciones emocionales a preguntas de los periodistas y la relación de dichas respuestas con las contestaciones verbales de los mismos.

Para los dos primeros experimentos, se graba la reacción de los sujetos de estudio para un posterior análisis más exhaustivo.

Finalmente, se emplea LearningML (una inteligencia artificial capaz de clasificar imágenes mediante el estudio de otras ya facilitadas a la IA) para reducir así el margen de error del estudio realizado, se analizan estadísticamente los datos de los experimentos y se comprueba la veracidad de la hipótesis con la resolución obtenida.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Microexpresiones

4.1.1 ¿Qué son?

Para poder entender el origen del estudio, primeramente debemos conocer qué son las microexpresiones. Tras varios estudios realizados por expertos como Flora Davis, Charles Darwin y Wallace V. Friesen, se llegó a estas definiciones del concepto:

“Una microexpresión es una momentánea e involuntaria expresión facial presentada en el rostro durante un breve espacio de tiempo y, a diferencia del resto de expresiones faciales comunes, son muy difíciles de esconder” (Huijbregts, 2019: 86).

“Las microexpresiones son expresiones faciales involuntarias que se producen en una fracción de segundo” (Weber, 2019: 1).

Basándonos en estas definiciones, podemos concluir que estos gestos faciales son autónomos y no se puede controlar la emoción que expresan. Además, su duración es menor a un segundo, por lo que su estudio es bastante complejo. Sin embargo, gracias a que estos gestos son innatos en cada individuo y no aprendidos con el tiempo, pueden desvelar mucha información sobre la persona.

Las microexpresiones por sí solas en muchos casos no tienen significación alguna ya que pueden corresponderse con varias emociones. Pese a ello, un conjunto de dichos gestos da lugar al fenotipo de una emoción en concreto pudiendo variar en intensidad según el grado de la emoción. Por ejemplo, la alegría puede variar entre estar contento y eufórico, acarreado consigo una variación en la intensidad de su visualización en la cara (Ekman, 2003).

Las emociones que plasman los rasgos faciales son las seis emociones básicas o primarias: alegría, tristeza, miedo, ira, sorpresa y asco; incluyendo las variaciones de estas (Weber, 2019).

4.1.2 Origen del descubrimiento de las microexpresiones

La aparición del concepto de microexpresión en el mundo de la psicología comienza en 1866 con la investigación de vídeos de psicología por parte de Haggard e Isaac, donde se descubría que hay ciertos rasgos faciales que aparecen involuntariamente.

Ello, junto a los estudios de Charles Bell, llevó a Darwin a plantearse un denominador común biológico que reflejara las emociones humanas. Por ello, descartó en su hipótesis la influencia cultural en la expresión de las emociones (Darwin, 1998).

Pero fue gracias al psicólogo Paul Ekman en 1974, que investigó acerca de las microexpresiones y su relación con las emociones primarias, que se planteó la universalidad de las microexpresiones. Sin embargo, hoy día sigue habiendo discrepancia entre autores acerca de si la cultura afecta en cómo se expresan estas microexpresiones o en qué grado, planteando el propio Ekman la variación en intensidad en ciertas culturas asiáticas por la tendencia social a no mostrar las emociones (Chaves, 2016).

4.1.3 Otras expresiones corporales

Antes de entrar en profundidad en las diferentes microexpresiones, debemos comprender por qué no se pueden estudiar otro tipo de gestos para reconocer emociones en otras personas. Para ello, debemos distinguir entre "emblemas" e "ilustraciones", y su diferencia con las microexpresiones.

a) Emblemas

Para entender qué son los emblemas pongamos un ejemplo: en la cultura española se considera de mal gusto o incluso despectivo señalar a alguien con el dedo o sacar la lengua en gesto de burla.

Basándonos en ello, un emblema se puede definir como un gesto que tiene un cierto significado en una cultura concreta y puede o no puede compartirse con otras culturas (Ekman, 2010).

¿Y por qué no sirven como expresiones a tener en cuenta? Si bien tienen un significado concreto según la cultura, a menudo son provocadas deliberadamente y controladas por aquel que las muestra, luego son expresiones voluntarias. Pese a ello, dentro de los emblemas existen aquellos que son involuntarios: los deslices.

Estos nos pueden ayudar a focalizar la emoción que las microexpresiones nos muestran, ya que su aparición está asociada a la gradación de la emoción, teniendo lugar cuando ésta es muy intensa. Por ejemplo, cuando el sujeto está muy nervioso ya que su persona depende de la credulidad del investigador frente a su mentira: si está pasando un interrogatorio policial, que el interrogador crea su palabra. Relacionado con el nerviosismo encontramos emblemas como jugar con el pelo, tocarse la frente y desviar la mirada agachando incluso la cabeza.

Estos descuidos o deslices se pueden determinar bajo los siguientes dos mecanismos:

- La aparición de un emblema parcial: cuando un emblema aparece de forma involuntaria, este no se ve representado en su totalidad sino que, por ejemplo, en el caso del alzamiento de hombros para mostrar duda, solo se alzaría uno de ellos y de manera casi imperceptible.
- Según Paul Ekman, la segunda pista es la realización de este gesto (emblema) fuera del plano de presentación del individuo que lo realiza frente a otro (2017: 106). Por ejemplo, si una persona está sentada frente a otra, en vez de darse esta acción entre las dos personas de manera que el otro reciba la información, esta se da en un plano secundario. Si normalmente se levantara el dedo gordo con el resto del puño cerrado para mostrar aprobación, este gesto tiene lugar con la mano apoyada en la rodilla o fuera del campo de visión principal del otro individuo, si se trata de un deslíz.

Pese a estas evidencias, los estudios sobre el engaño realizados hasta el momento demuestran que no siempre se cumple en igual porcentaje ni en todas las personas, ya que algunas son más propensas que otras a tener estos deslices. Por tanto, no nos sirve como sistema universal.

b) Ilustraciones

A diferencia de los emblemas, las ilustraciones no tienen un significado específico, sino que revelan la ausencia de verdad cuando estas no están. Una ilustración es un ademán (con cualquier parte del cuerpo) que utilizamos regularmente para enfatizar nuestro mensaje, ya sea el movimiento de las manos, de las cejas, etc.

Varios estudios han podido ver que estos gestos desaparecen a la hora de mentir y por ello la ausencia de ilustraciones indica que algo no es veraz. Sin embargo, primero se ha de saber si la persona usa habitualmente estos enfatizadores. Incluso el estado nervioso de la persona puede influir en la aparición o no de ilustraciones. Debido a ello, sólo se podría usar para detectar mentiras y no siempre sería una fuente de información fiable (Ekman, 2010).

4.2 Emociones primarias

4.2.1;Qué son?

Antes de distinguir entre emociones, debemos conocer qué es una emoción. Podemos encontrar varias definiciones, como la dada por la RAE:

“Alteración del ánimo intensa y pasajera, agradable o penosa, que va acompañada de cierta conmoción somática” (Real Academia Española, s.f., definición 1).

Estos sentimientos suelen estar acompañados de cambios físicos, como cambios en el sistema endocrino, y suelen estar condicionados por factores externos.

Dentro de las emociones debemos destacar entre todas las que existen las primarias. Estas se expresan más intensamente que otras y dan lugar a todas las demás emociones por variación en intensidad o por mezcla de dos o más emociones primarias. El miedo, la tristeza, la ira, el asco, la alegría y la sorpresa son las emociones básicas de las que parte el resto.

4.2.2 Beneficios de su uso como medidor de expresiones faciales

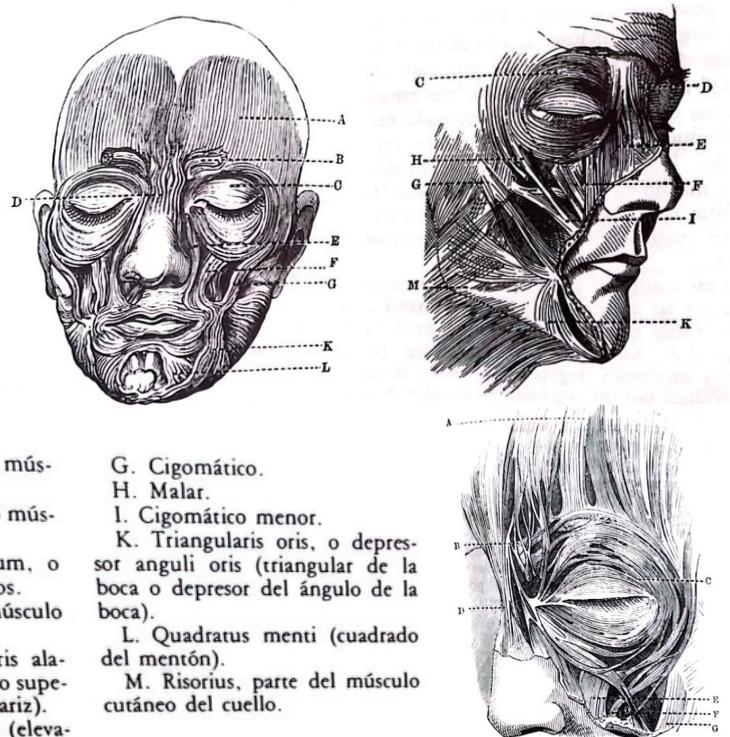
Debido a la intensidad con la que se presentan estas sensaciones, las personas que las muestran tienen menos control sobre ellas y por ello se producen los deslices o microexpresiones.

Igualmente, al originarse otro tipo de sentimientos a partir de los primarios, el medir las seis emociones principales nos permite a su vez clasificar todos los sentimientos asociados a estas.

4.3 Las emociones y sus microexpresiones

Para el estudio de cada emoción deberemos dividir la cara en tres partes: la cara baja (desde el cuello hasta la parte alta de los pómulos y la nariz), los ojos y los músculos colindantes, y por último la cara alta (las cejas y la frente).

A fin de entender más en profundidad el origen de las microexpresiones, a continuación, mencionaremos los músculos involucrados en su aparición gracias a las siguientes imágenes.



- A. Occipito-frontalis, o músculo frontal.
- B. Corrugator supercilii, o músculo superciliar.
- C. Orbicularis palpebrarum, o músculo orbicular de los ojos.
- D. Pyramidalis nasi, o músculo piramidal de la nariz.
- E. Levator labii superioris alaeque nasi (elevador del labio superior y de las aletas de la nariz).
- F. Levator labii propius (elevador propio del labio superior).
- G. Cigomático.
- H. Malar.
- I. Cigomático menor.
- K. Triangularis oris, o depresor anguli oris (triangular de la boca o depresor del ángulo de la boca).
- L. Quadratus menti (cuadrado del mentón).
- M. Risorius, parte del músculo cutáneo del cuello.

Figura 1. Adaptado de La expresión de las emociones en los animales y el hombre [libro], por Charles Darwin, 2011.

Siguiendo la división comentada anteriormente, cada emoción presenta distintos rasgos asociados a cada franja que son los siguientes:

4.3.1 Sorpresa

La emoción de sorpresa, si es veraz, permanece en el rostro humano por un periodo muy breve de tiempo (tres cuartos de segundo máximo) siendo la emoción más corta, ya que dura hasta que el sujeto asimila la situación. Si esta se prolonga en el tiempo indica que aquel que la muestra pretende que así se vea.

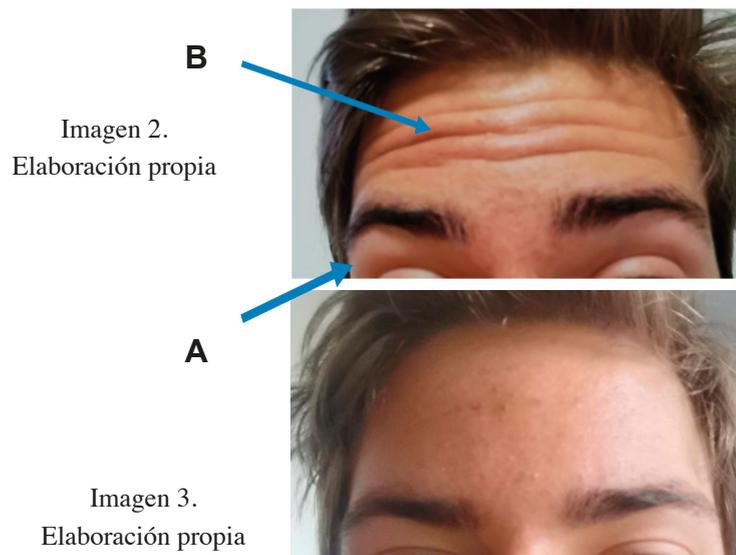
Antes de entrar en las microexpresiones ligadas a esta emoción debemos distinguir entre los tres tipos de sorpresa:

- **Sorpresa inesperada:** se da cuando el sujeto no espera que ocurra nada en el momento, siendo más intensa que el resto y de mayor duración.
- **Sorpresa de falsa expectativa (*misexpected*):** ésta sucede cuando el individuo está esperando que ocurra un evento y sin embargo ocurre otro distinto o contrario al que se esperaba. Por ejemplo, una estudiante confiaba en que un ejercicio concreto entrase en el examen y se encuentra con otro ejercicio distinto.
- **Sobresalto:** es la mayor expresión de la sorpresa que, aparte de las microexpresiones, presenta otras reacciones como pestañear, inclinar la cabeza hacia atrás o “pegar un bote”. Dichos movimientos no se dan en gradaciones menores de la sorpresa.

La sorpresa en sí misma es neutra, ya que no indica desagrado o agrado, sin embargo suele ir continuada de otra emoción que indica la reacción positiva o negativa a cierto suceso.

Para dicha emoción se manifiestan las siguientes microexpresiones:

- **Cejas:** estas se curvan y se levantan produciendo: la tensión de la piel del surco palpebral mostrando dicha zona más voluminosa (A) y largas franjas o arrugas horizontales a lo largo de toda la frente (B). En las imágenes 1 y 2 se puede apreciar la comparación entre la microexpresión de las cejas (1) y la cara neutra (2).



- **Ojos:** se presentan muy abiertos (C) provocando la tensión de los párpados superiores (D) frente a los inferiores que se encuentran relajados (E). Además, se aprecia la parte superior de la esclerótica (F), frente a la inferior que no se aprecia; salvo excepciones por una gradación en la sorpresa presente en el sujeto, normalmente se encuentra muy sorprendido cuando esto sucede. Esto lo podemos apreciar en la imagen 4 correspondiente a la sorpresa frente a la 5 siendo la cara neutra.



Figura 4. Elaboración propia.



Figura 5. Elaboración propia.

- **Boca:** se encuentra entreabierta o ligeramente caída, sin tensión en la mandíbula (G) lo que presenta unos labios relajados (H). Este movimiento es leve y no se presenta la boca totalmente abierta sino ligeramente, al contrario

de su emblema, mostrado deliberadamente en aquel que quiere dar a entender que está sorprendido.



Figura 6 y 7. Elaboración propia.

Para poder determinar que el sujeto presenta uno de los tipos de sorpresa que a continuación comentaremos, deben presentarse al menos dos de los tres indicadores anteriormente mencionados; es por ello que la clasificación de la emoción es la siguiente:

- **Sorpresa cuestionadora:** la boca se presenta relajada o neutra y solo se muestra la microexpresión de ojos y cejas. Suele ir acompañada de frases como: “¿en serio?”. *La imagen 8 muestra este tipo de sorpresa.*
- **Sorpresa de asombro:** Las cejas y frente se presentan neutrales. Suele representar o ir acompañado de la expresión: “¿qué?”. *La imagen 9 muestra este tipo de sorpresa.*
- **Sorpresa amortiguada:** esta se da cuando la persona muestra poco interés, se encuentra en un estado de agotamiento o está bajo los efectos de sustancias químicas. En ella los ojos permanecen neutros. *La imagen 10 muestra este tipo de sorpresa.*
- **Sorpresa completa:** se exhiben el conjunto de los tres identificadores. *La imagen 11 muestra este tipo de sorpresa.*



Figura 8. Elaboración propia. Figura 9. Elaboración propia.



Figura 10. Elaboración propia. Figura 11. Elaboración propia.

Como ya hemos comentado, si solo se muestra un identificador o presentan determinados rasgos, como una duración más larga de lo debido, no nos encontramos frente a un sentimiento de sorpresa veraz. Sin embargo, sí que tienen un significado.

Cuando aparece el movimiento de cejas aislado:

- Si el movimiento de las cejas se prolonga en el tiempo es un gesto voluntario e intencionado que plasma el emblema de incredulidad o duda de aquel que lo muestra. Cuando el movimiento se ve acompañado de un movimiento de cabeza hacia atrás o lateral, denota exclamación.
- Si el movimiento de cejas es breve, responde a una función de énfasis de aquello que se está diciendo. Por el contrario, si el gesto se ve acompañado de un movimiento ascendente-descendente de la cabeza, da lugar a un emblema usado para saludar.

Cuando se presenta el movimiento de los ojos aislado:

- Denota interés por parte de quien lo muestra o acompaña a la expresión “wow”.
- Al igual que el movimiento de cejas también denota énfasis sobre aquello dicho.

El movimiento aislado de la boca se da cuando “nos quedamos de piedra” (estupefactos) o pretendemos que así se vea.

La emoción de sorpresa permite gradación, y ésta, pese a que también puede implicar cambios menores en ojos y cejas, se percibe mayormente por el grado de apertura de la boca (Ekman, 2003).

4.3.2 Miedo

El miedo se origina como reacción a la posibilidad de recibir daño, tanto física como mentalmente. El daño puede variar desde un insulto o un pinchazo de aguja hasta ataques contra la integridad mental o heridas mortales. Sin embargo, es el propio miedo al daño el que es más intenso a veces que el daño en sí mismo.

Este sentimiento dura hasta que el peligro cesa o bien la persona que lo experimenta acepta y comprende aquello que le da miedo, por lo que es una de las emociones más intensas capaz, no solo de producir una reacción facial y psicológica, sino también una respuesta automática del sistema nervioso simpático, aquel que prepara al organismo y le permite huir.

Debido a la activación de dicho sistema, hay otros rasgos físicos como sudoración intensa o elevado ritmo cardíaco, además de que el cuerpo no aguanta una emoción tan intensa durante mucho tiempo ya que conlleva un gasto de energía y un desgaste muy importante (Delgado, Hendry, et al, 2017).

Por otro lado, el miedo puede surgir después de sufrir el daño debido a que el sujeto no haya evaluado verdaderamente el impacto de dicho daño. Incluso, si el daño se da a la vez que el miedo, la expresión que se da suele estar mezclada con sorpresa (las mezclas de emociones las comentaremos unos epígrafes más adelante).

Las microexpresiones del miedo son las siguientes:

- **Cejas:** las cejas se levantan y se tensan (A), además se curvan los extremos interiores (B) de las mismas acercándose entre ellas. Esto hace que se produzcan unas arrugas horizontales en la frente (C) pero sólo en el centro de la misma. Esto lo podemos apreciar en la imagen 12 correspondiente a la sorpresa frente a la 13 siendo la cara neutra



Figuras 12 y 13. Elaboración propia

- **Ojos:** se muestran muy abiertos y tensos. El párpado superior se levanta (D) y el inferior se tensa tapando parte del iris (E); este hecho es lo que diferencia mayormente los ojos de miedo de los de sorpresa. Esto lo podemos

apreciar en la imagen 14 correspondiente a la sorpresa frente a la 15 siendo la cara neutra.



Figuras 14 y 15. Elaboración propia.

- **Boca:** se observa la boca entreabierta pero los labios tensados (F) de manera que se atisban las comisuras retraídas (G). Esto lo podemos apreciar en la imagen 16 correspondiente a la sorpresa frente a la 17 siendo la cara neutra.



Figura 16 y 17. Elaboración propia.

El miedo tiene una clasificación un poco distinta a la de la sorpresa. Los ojos de miedo siempre están presentes, tanto en la expresión completa, como en la parcial, junto a las cejas para indicar la anticipación a un peligro, o junto a la boca mostrando horror y pánico (Ekman, 2003).

Como en la emoción de sorpresa, cada rasgo puede aparecer por separado:

- Solo las cejas denota aprehensión o preocupación.
- Los ojos aislados, siendo una expresión breve, denota miedo controlado.
- La boca aislada, si es larga, presenta el mismo significado que las cejas, y si es breve, denota el mismo significado que los ojos.

4.3.3 Asco

Esta emoción plasma la aprensión que presenta un individuo hacia algo. Debido a que es la emoción más primitiva y pura, es una de las más fáciles de identificar junto con la alegría.

Pese a ello, aquello que nos produce asco no es universal y puede variar según aquel que lo experimenta mostrando a su vez gradación del sentimiento dependiendo de la persona.

Debemos procurar no confundirla con su variación: el desdén, ya que este se dirige hacia las personas. A su vez, debemos introducir el desprecio, aquella sensación de desdén que a su vez busca dañar o ridiculizar a la persona a quien se dirige el desprecio. Se diferencia del desdén por una serie de características que comentaremos más adelante.

A diferencia de las emociones que ya hemos mencionado, el asco se manifiesta mayormente en la parte inferior de la cara. Por ello, sus rasgos son los siguientes:

- El labio superior se levanta (A) causando arrugas en el puente de la nariz (B) que varían según la intensidad de la emoción.
- El labio inferior se presenta ligeramente caído (C) si la boca se muestra abierta, y se observa levantado y echado hacia delante (D) si la boca está cerrada.
- Se exhiben líneas de tensión en la zona inferior del ojo donde se forman las ojeras (E) además de pliegues en la piel a la altura del músculo orbicular (F).
- Las cejas se observan tensionadas y ligeramente hundidas (G).

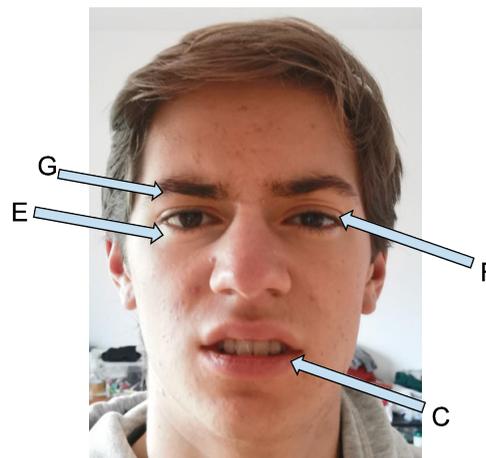
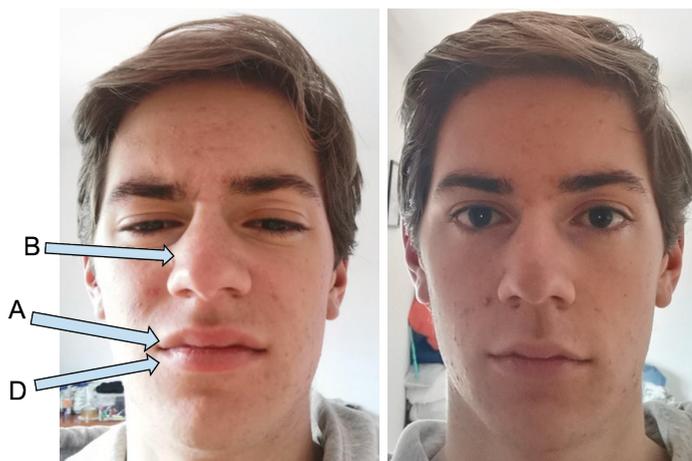


Figura 18, 19 y 20. Elaboración propia.

Por otro lado, la emoción de asco también puede ser fingida (tanto falsa, como un emblema). Esto ocurre cuando no se observan todos los rasgos de la emoción anteriormente mencionados, ya que aunque varíen en intensidad deben estar presentes, y cuando la duración es breve (en torno a un segundo).

Esto se da cuando se rememora un recuerdo que nos produce esta sensación.



Figura 21. Elaboración propia.



Por último, dentro de las variaciones del asco debemos destacar el desprecio. Esta parte de la expresión de asco con la boca cerrada, pero únicamente se eleva una de las comisuras de la boca (puede darse en ambas) y tanto los ojos como la frente permanecen neutros (Ekman, 2003).

Figura 22. Elaboración propia.

4.3.4 Ira

La ira es la emoción más peligrosa, ya que nos hace perder el control y nos hace más receptivos a causar daño, tanto físico como mental. Debido a ello, desde pequeños nos enseñan a controlar y ocultar la ira, lo que la hace la emoción más difícil de detectar verazmente.

Dentro de aquello que nos puede producir ira encontramos distintos motivos entre los que vislumbramos la frustración, la amenaza contra nuestra persona, contra nuestros valores morales o el ataque emocional.

Como sucede con la sudoración en el sentimiento de miedo, en el enfado se visualizan otros rasgos físicos como la alteración del ritmo cardíaco, el enrojecimiento del rostro o la tensión y rigidez muscular.

A diferencia del resto de emociones ya comentadas que son inmediatas y las cuales, si solo se presentan en dos de las tres áreas faciales, ya pueden indicarnos fehacientemente la emoción frente a la que estamos, en el caso de la ira puede darse tanto inmediata como progresivamente y si no aparece en las tres zonas (frente, ojos y boca) no puede asegurarse que sea dicha emoción la presente. Asimismo, su máxima expresión es la rabia, la cual es inmediata e incontrolable.

Para poder determinar que la emoción está presente necesitamos los siguientes rasgos:

- **Cejas:** las cejas se presentan caídas (A), tensionadas y juntas de manera que se curvan los extremos interiores (B) de las mismas, pero a diferencia del miedo esto causa ondulaciones verticales en el entrecejo (C).
- **Ojos:** la tensión de los párpados hace que los ojos se encuentren entrecerrados (D).
- **Boca:** en esta emoción encontramos dos tipos de microexpresión de la boca dependiendo del contexto en el que se dé. Si se está hablando a la vez que se está enfadado, se observará una boca cuadrada y tensionada (E). Si por el contrario se intenta reprimir la emoción o la expresión verbal de la misma, se podrá atisbar los labios apretados y tensionados (F).



Figuras 23 y 24. Elaboración propia.

Pese a que, como en el resto de emociones cada microexpresión puede aparecer aislada, en la ira no se puede decir a ciencia cierta que no sea ira o que sí lo sea:

- Si las cejas aparecen aisladas puede significar tanto enfado contenido, como comienzo de la emoción, concentración del sujeto o seriedad del mismo.
- Cuando aparece solo la expresión de la boca, si esta se presenta con los labios apretados, puede indicar que hay ira o la realización de un gran esfuerzo físico. Sin embargo, cuando se muestra con forma cuadrada acompaña ciertas modulaciones de la voz, mayormente en discursos.

Para poder determinar que dichas microexpresiones aisladas tienen o no un significado de enojo, debemos contar con el contexto completo: el tono de voz, la posición del sujeto y los emblemas que lo acompañan (Ekman, 2003).

4.3.5 Alegría

Siendo la única emoción positiva de las seis primarias, la alegría es la emoción más deseada por todas las personas, sin embargo muchas veces se confunde con sus causantes, entre los que se encuentra tanto el placer como el disfrute.

Es por ello que encontramos cuatro vías que nos producen alegría:

- **El placer:** este se define como las sensaciones físicas positivas que dan lugar a la alegría. El placer puede ser causado entre otros por la comida que degustamos (como el chocolate en muchos casos), por olores que nos generan esa felicidad (como puede ser el olor de la lluvia) o por sensaciones que percibimos mediante

el contacto (como puede ser el probar un colchón muy cómodo).

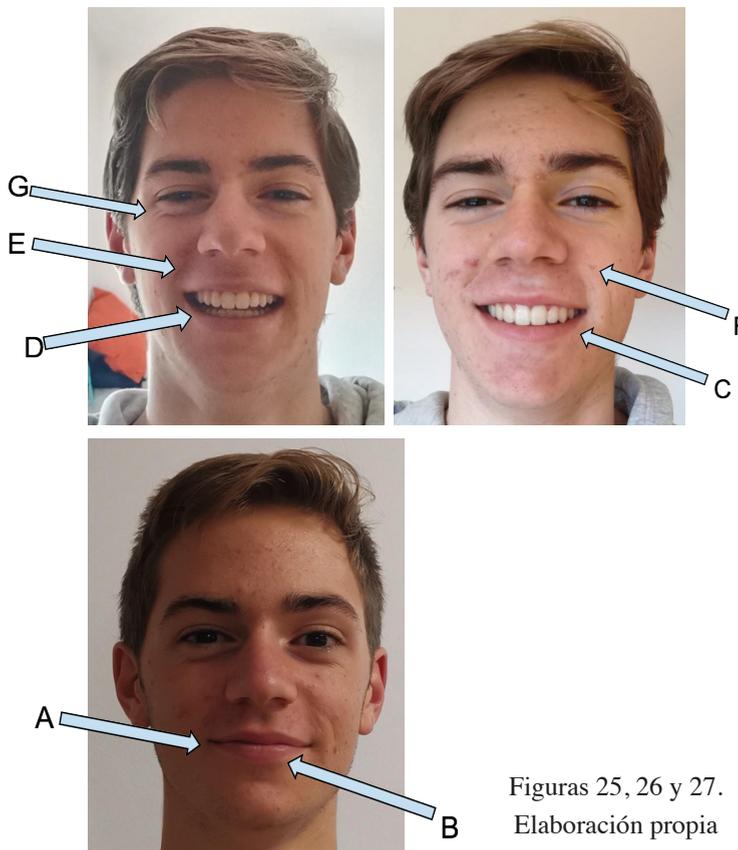
- **Por entusiasmo, excitación o disfrute:** esta se da ante situaciones inminentes como puede ser el entusiasmo ante sucesos que se dan en el momento o ante recuerdos ya vividos al volver a nuestra mente.
- **Por alivio:** normalmente ante una situación o recuerdo negativo, o tras experimentar una emoción negativa como el miedo, la ira o la tristeza, tendemos a la alegría ya que ese sentimiento que nos afecta desaparece.
- **Al reafirmar nuestro autoconcepto:** esto se da cuando obtenemos el reconocimiento de otro individuo por una acción nuestra de manera que sentimos orgullo y con ello alegría. También puede suceder si desde nuestra persona somos conscientes del logro obtenido.

Para entender mejor la diferencia entre las cuatro fuentes de alegría, las explicaremos mediante una situación deportiva: imaginemos que vamos a jugar una final de baloncesto que nos puede dar la victoria de la liga. Las horas antes del partido no solo sentiremos nervios, sino también una sensación de entusiasmo y excitación por el enfrentamiento. Durante el partido sentiremos placer al ser conscientes del control que tengamos sobre el balón y la pista, que se verá aumentado al encestar una canasta. Si el buen rendimiento trae consigo la felicitación por ello del entrenador reafirmamos el concepto que tenemos de nosotros mismos y a su vez traerá alivio consigo ya que disipará las dudas que inicialmente antes del partido teníamos acerca de cómo íbamos a jugar (nuestra persona y no el equipo). Además, si finalmente se gana el partido, pasaremos a un estado de euforia, la máxima expresión de la alegría (Ekman, 2003).

A diferencia de otras emociones como el miedo, la alegría no se da en las tres franjas ya comentadas, sino que la mayoría de las veces observaremos una neutralidad en la frente y cejas. Es por ello que los rasgos a tener en cuenta son los siguientes:

- **Boca:** las comisuras de los labios se retraen ligeramente y se alzan (A) creando la sonrisa. Los labios a su vez pueden estar cerrados (B), pueden estar abiertos, pero con los dientes y la mandíbula cerrada (C) o la boca totalmente abierta y los dientes separados en una gran sonrisa (D).

- Desde los bordes de la nariz hasta las comisuras de los labios aparecen los pliegues naso-labiales (E). A su vez, las mejillas se tensan y alzan (F) de manera que se intensifican dichos pliegues.
- Por último, al sonreír aparecen las patas de gallo en las comisuras de los ojos (G). No en todos se ven las patas de gallo, aunque aumenta la probabilidad de aparecer según se aumenta en edad.



Figuras 25, 26 y 27.
Elaboración propia

4.3.6 Tristeza

A diferencia de lo que muchos piensan, la tristeza no es una emoción que sea activa y se muestre con el llanto, sino una emoción pasiva que se sufre en silencio.

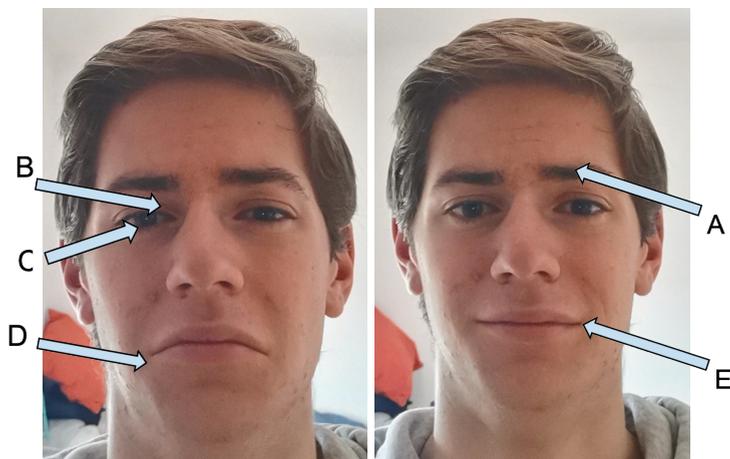
Las lágrimas se dan cuando se siente distrés. Debemos diferenciarla de la tristeza ya que el distrés es la emoción negativa más genérica de la que parte la tristeza y en la cual sí está presente el lloro. Ésta, se puede dar por una pérdida, por dolor físico o una ruptura, generalmente como reacción a una situación negativa que nos sobrepasa.

A diferencia de otras emociones, siempre intentamos hacer frente al distrés aunque este a veces puede darse de forma voluntaria para liberar tensiones tras uno de los sucesos que hemos comentado anteriormente. En el distrés hay una protesta y lucha contra la emoción, frente a la aceptación de ella cuando se trata de la tristeza.

La tristeza es la emoción de mayor duración pudiendo prolongarse durante varios días, siendo su duración no menor a un par de minutos. Ello depende de la intensidad de la emoción, desde la melancolía hasta la más extrema durante el luto (Ekman, 2003).

Para poder diferenciar la tristeza, debemos poder identificar sus rasgos:

- **Cejas:** se muestran juntas con las esquinas interiores de las cejas levantadas(A). A diferencia de las cejas de miedo, no se presentan pliegues horizontales en la frente.
- **Ojos:** el párpado superior se eleva en su esquina interior (B) debido al movimiento de las cejas. El párpado inferior se alza a su vez de manera que el espacio visible del ojo se reduce (C). A su vez, la mirada puede estar caída.
- **Boca:** pueden darse de dos maneras: la primera se da cuando las comisuras de la boca se encuentran caídas (D) y la segunda cuando los labios se ven retraídos hacia el interior de la boca como cuando temblamos (E). Sin embargo, no podemos interpretar la expresión de la boca aislada ya que es completamente ambigua.



Figuras 28 y 29. Elaboración propia.

4.3.7 Mezcla de emociones

Una vez comentados los rasgos faciales de cada emoción por separado, debemos enfatizar que no solo aparecen aisladas (siendo más escasa esta situación) ya que los factores y estímulos causantes de dichas emociones muchas veces provocan la aparición de más de una a la vez, lo que conlleva que cada división facial que comentamos al principio de este punto expresa una emoción distinta.

A su vez, una emoción puede servir para enmascarar otra parcialmente, con lo que debemos diferenciar entre aquella veraz, en su mayoría de menor duración, de aquella que la encubre (Ekman, 2003).

Es por ello que las combinaciones de emociones junto con una posible situación son las siguientes:

- **Miedo + mirada alegre** para enmascarar parcialmente el miedo, pero sin poder ocultarlo completamente.
- **Miedo + asco, ira o tristeza:** suele darse el miedo en la mitad superior de la cara y cualquiera de las otras tres emociones en la parte inferior.
- **Miedo + sorpresa:** al aparecer ambas en su conjunto, siendo común la microexpresión de las cejas de sorpresa junto al resto de la cara expresando miedo, la dominante es el miedo pudiendo darse dicha mezcla en un gran número de casos.
- **Sorpresa + asco:** al mostrarse las dos juntas, con la mitad superior de la cara mostrando sorpresa y la parte inferior asco, denota asco por un suceso inesperado.
- **Asco + desprecio:** el asco se muestra en la parte superior de la cara y el desprecio en la inferior para mostrar incredulidad o escepticismo.
- **Asco + miedo:** presentada con la misma distribución que la mezcla de sorpresa y asco, esta es una reacción ante una fobia.
- **Ira:** su significado es fácilmente confundible al aparecer junto a otras emociones ya que la ira pasa a un segundo plano.
 - **+ asco:** es común que aparezcan ambas juntas y son fácilmente identificables ambas.
 - **+ sorpresa:** la ira pasa a un segundo plano al manifestarse en la parte superior de la cara, siendo así un rasgo de concentración presente antes y durante la expresión de sorpresa.
 - **+ miedo:** su significado es desconcierto sumando al miedo.

- **Alegría + sorpresa:** se debe dar la sorpresa junto a una mueca de alegría y no junto a la sonrisa completa ya que en ese caso sería una emoción fingida buscando con ello mostrar exclamación.
- **Alegría + desprecio:** reproduce una reacción de desdén o superioridad uniendo en ella la boca de desprecio junto a la elevación de mejillas, la tensión de los ojos y, no en todos los casos, las patas de gallo.
- **Alegría + ira:** se busca con dicha hibridación de emociones enmascarar la ira con la alegría o, en caso de aparecer la ira en la parte superior de la cara junto a la inferior de alegría simultáneamente, indica el triunfo sobre el adversario.
- **Alegría + miedo:** se busca enmascarar el miedo en la mayoría de los casos, pero puede ser genuino en situaciones como montar en una montaña rusa.
- **Tristeza + miedo:** en esta hibridación se da el miedo en la mitad inferior del rostro y la tristeza en la mitad superior.
- **Tristeza + asco:** misma distribución de microexpresiones que con el miedo.
- **Tristeza + ira:** tiende a darse la ira en la mitad superior del rostro y la tristeza en la mitad inferior.
- **Tristeza + alegría:** este conjunto de emociones poco corriente se da para enmascarar la tristeza o cuando se siente nostalgia.

4.4 Etnias

4.4.1 ¿Qué se considera una etnia?

Si queremos probar la universalidad de las microexpresiones en todas las etnias primero es necesario abordar conceptos tales como etnia e interculturalidad.

Para comprender el significado de etnia, debemos atenernos a la definición de Oxford: “grupo de personas que tienen un sentido compartido de identidad porque tienen sus propios antecedentes culturales, tradiciones, historia, idioma, etc.” (“group of people who have a shared sense of identity because they have their own cultural background, traditions, history, language, etc.”) (Oxford Learner's dictionary, s.f.)¹

Basándonos en dicha definición, podemos defender que en un grupo étnico es capaz de aunar a la población que

comparte una misma cultura, pero al afirmar lo siguiente debemos a su vez entender el concepto de interculturalidad:

La interculturalidad es un tipo de relación que se establece intencionalmente entre culturas y que propugna el diálogo y el encuentro entre ellas a partir del reconocimiento mutuo de sus respectivos valores y formas de vida. No se propone fundir las identidades de las culturas involucradas en una identidad única sino que pretende reforzarlas y enriquecerlas creativamente y solidariamente. El concepto incluye también las relaciones que se establecen entre personas pertenecientes a diferentes grupos étnicos, sociales, profesionales, de género, etc. dentro de las fronteras de una misma comunidad (Centro Virtual Cervantes, 1997, apud. Iriarte, 2015).

Tomando como referencia esta definición, entendemos que las culturas, y por ende las etnias, no son como defiendo el relativismo cultural cerradas a nuevos rasgos y factores externos, sino que tienen un cierto carácter permeable introduciendo en la misma costumbres o rasgos de otras culturas. Es por ello que no podemos decir que cada individuo tenga una única cultura (Iriarte, 2015).

De lo dicho anteriormente, surge la siguiente pregunta: si no existe una única cultura para cada individuo, ¿cómo podemos decir que haya un individuo que pertenezca a una determinada etnia? Pues bien, pese a la mezcla de culturas, siempre hay una predominante sobre el resto en cada individuo. Es por ello que nos solemos identificar con ella haciéndonos pertenecer a una etnia determinada.

4.4.2. Diferencia entre raza y etnia

Como ya hemos mencionado anteriormente, no debemos incluir el término raza en el interior de etnia ya que no existe la raza ni su relación genética (Pérez, 2019).

Como defiende Stuart Hall: no existe una relación biológica entre fenotipo y costumbres culturales, sino que la raza resulta de una convención discursiva como forma de discriminación hacia aquellos que parecen distintos (Hall, 2019).

Sin embargo, no podemos basarnos solo en dicho autor, ya que a su vez defiende la evidencia de la existencia de dichos rasgos fenotípicos a raíz de los cuales se crea el mencionado discurso social. Pues bien, la genética nos

¹ Según la RAE, el concepto de etnia aún la raza en su interior, y como posteriormente planteamos, la inexistencia de la raza hace que no podamos dar por válida esta definición ya que está desactualizada.

demuestra que la expresión fenotípica de un gen depende de la combinación de alelos, la cual es aleatoria. Esto se explica por la recombinación genética que se da en la meiosis (por los sobrecruzamientos y la independencia de posición entre los bivalentes durante la Metafase I) y las relaciones de dominancia entre alelos explicadas mediante las leyes de Mendel (Delgado, Hendry, et al, 2017).

Por último, otro factor a tener en cuenta es que ciertos rasgos fenotípicos como el color de piel no dependen solo de un gen en concreto sino de una superposición de ellos que aporta una tonalidad u otra a la piel haciendo todavía más aleatorio el proceso (Delgado, Hendry, et al, 2017).

4.5 El polígrafo

4.5.1 ¿Qué es y cómo funciona la prueba del polígrafo?

Para poder entender bien el funcionamiento de este instrumento, primero debemos comprender qué es un polígrafo y qué son las pruebas poligráficas.

Bajo la definición de la RAE, el polígrafo es un: “Aparato que registra gráficamente la medición simultánea de varias constantes psicosomáticas, como el pulso, el ritmo cardíaco, etc., y que se utiliza para contrastar la veracidad de un testimonio” (Real Academia Española, s.f., definición 3).

Para profundizar en dicha definición, debemos recurrir a la entrevista realizada a expertos en tests poligráficos de la empresa polígrafo.com².

El polígrafo es un instrumento capaz de medir variables tales como el ritmo cardíaco, la respiración, la sudoración o la presencia de drogas o sustancias capaces de alterar los resultados. Dichos componentes se miden mediante 5 sensores (Stoelting, s.f.):

- Neumógrafo torácico y abdominal: mide tanto el ritmo respiratorio como la concentración de oxígeno.
- Sensor EDA: registra el ritmo cardíaco.
- Conductancia piel de pletinas: mide los cambios tanto de temperatura y sudoración como de conductividad en la piel.
- Sensor de contramedidas: detecta la presencia de sustancias psicotrópicas que afectan a la eficacia de la prueba del polígrafo.
- Sensor de actividad de asiento: mide los movimientos del sujeto durante el proceso de interrogatorio.

Para poder determinar la veracidad de una respuesta, las preguntas realizadas al interrogado deben ser claras y preferiblemente cortas, ya que a mayor complejidad de las preguntas más confuso es entenderla y, por tanto, la respuesta puede no ser medida correctamente por el instrumento. Además, estas preguntas deben ser de carácter pasado y bajo ningún caso pueden ser preguntas que se refieran al futuro o a situaciones hipotéticas.

Finalmente, dichas preguntas se intercalan y comparan con ciertas cuestiones de control que guardan semejanza con la pregunta realizada. Por ejemplo, si la pregunta es: ¿allanó usted la tienda durante el cierre de la misma?, se realizarán preguntas control tales como: ¿alguna vez entró ilegalmente en una propiedad privada?, obteniendo así datos numéricos y gráficos que poder comparar.

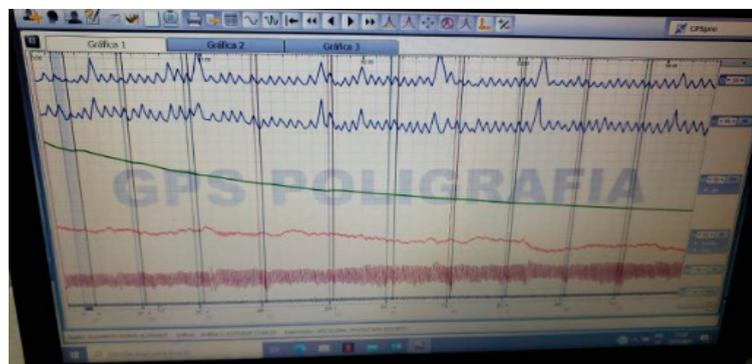


Figura 30. Elaboración propia con colaboración de polígrafo.com

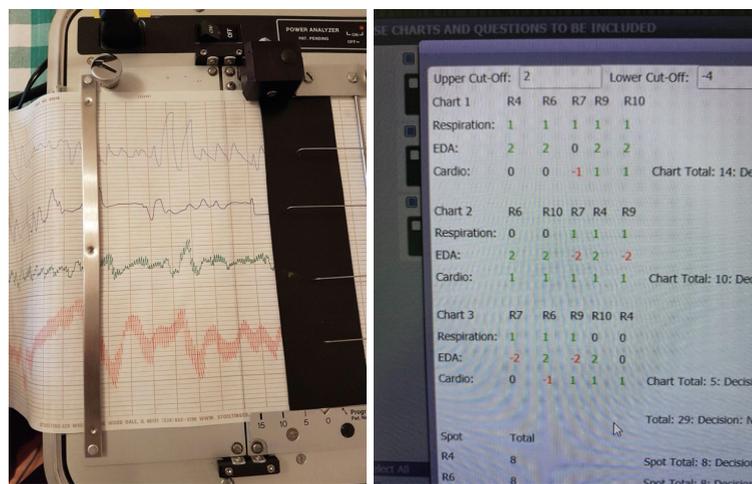


Figura 31 y 32. Elaboración propia con colaboración de polígrafo.COM

2 La transcripción de dicha entrevista se encuentra en el Anexo 1.

En las imágenes 30, 31 y 32 se puede observar: los datos numéricos, tanto de variación de respiración como de ritmo cardíaco y sudoración, y las gráficas de dicha variación.

En cuanto al efecto de ciertas sustancias sobre las mediciones, debemos mencionar que no son aquellas como las bebidas energéticas las que pueden influir en las lecturas, sino que únicamente los betabloqueadores pueden realizar esta función. Es por ello que a todo sujeto que vaya a someterse al polígrafo, se le realiza un test de orina para detectar cualquier sustancia química que haya ingerido.

Por otro lado, respecto a la influencia de los trastornos psicológicos en la prueba, cabe señalar que el estrés situacional, como el que se siente al realizar una entrevista de trabajo, no influye en las lecturas al verse sumado al estrés por remordimiento o culpabilidad. Sin embargo, otras enfermedades psicológicas, ya sea en casos extremos como la sociopatía o en casos leves como el estrés crónico, sí interfieren en el examen y por ello se desaconseja la realización de los mismos en estos casos.

Por último, en cuanto al marco jurídico, hoy día la prueba del polígrafo no tiene ninguna validez, y por ello no se considera legítimo a la hora de despedir a un empleado basándose en los datos de dicho examen o como prueba incriminatoria. Esto se debe al derecho de defenderse a uno mismo mediante, incluso, la mentira si así se considera necesario, haciendo que no pueda ser sometido un acusado a la examinación poligráfica sin su consentimiento.

La propia Constitución establece el derecho a no inculparse a uno mismo (luego no se puede usar el polígrafo contra la voluntad del acusado) y a no declarar su culpabilidad, luego puede incluso mentir durante un juicio, a diferencia de los testigos que no tienen dicho derecho. Esto se recoge dentro de los derechos fundamentales de toda persona que se encuentre en territorio español de la siguiente manera:

“2. Asimismo, todos tienen derecho [...] a utilizar los medios de prueba pertinentes para su defensa, a no declarar contra sí mismos, a no confesarse culpables y a la presunción de inocencia” (art. 24 CE).

A su vez, como nos explican los técnicos de la empresa, la prueba del polígrafo no es vinculante jurídicamente, no se puede tomar como prueba real ni de la defensa ni de la acusación. Pero en el caso de que el fallo del juez o jurado

no se vea inclinado hacia ninguno de los dos lados (o bien a favor del acusador o bien a favor del acusado), el someterse al polígrafo puede cerciorar la veracidad de las palabras del acusado, consiguiendo así ser juzgado como inocente (si es que lo es) y evitar así la cárcel.

“La pericial psicológica de evaluación de la credibilidad no es vinculante, como no lo es cualquier otra pericial, sin embargo, dependiendo de la fuerza de la acusación, el polígrafo puede ser decisivo para que se incline la balanza de un lado u otro” (Polígrafo.com, comunicación personal, 23 de octubre de 2023).

4.5.2 Estudios de efectividad anteriores

Entre los estudios ya realizados de la efectividad de este instrumento, encontramos disparidad de opiniones. En un comienzo, los estudios de efectividad defendían que el índice de acierto del polígrafo no superaba el 50%, siendo el mismo que obtendríamos al “tirar una moneda al aire”. Un artículo publicado en la revista *Science* revela que al estudiar la veracidad de las palabras de 1000 sujetos de los cuales 50 mentían, el polígrafo identificó la mentira en 38 de los 50 mentirosos. Sin embargo, a su vez detectó a 351 personas de las 950 restantes como mentirosas, siendo estos falsos positivos. Es por ello que se pudo establecer que de cada 10 personas que se detectaban como mentirosos, 9 de ellas realmente eran inocentes y decían la verdad, teniendo un rango de error muy amplio (Brett A. S., Phillips M., Beary J. F., 1999).

Sin embargo, los estudios realizados en el siglo XXI, revelan el avance actual de los polígrafos.

Estudios realizados por la NSA demuestran que los polígrafos utilizados en dicho momento solo tenían un error del 10%. En un muestreo realizado con 1000 personas en las que 800 eran veraces y 200 mentirosos, detectaba que 720 de los 800 veraces decían la verdad y que 80 no lo hacían. A su vez detectó a 180 de los restantes como mentirosos y a los otros 20 como veraces (Ekman, 2010).

Por último, en los últimos años, un total de 38 estudios, en los cuales se obtuvieron un total de 11.737 resultados de 3.723 voluntarios, realizados por la APA (American Polygraph Association) demuestran que el rango de acierto del polígrafo computarizado actual oscila entre el 80 y el 94%, siendo la media de dicho acierto del 87% (American Polygraph Association,s.f.).

5. ANÁLISIS Y RECOGIDA DE DATOS

5.1 Recogida de datos

Para poder analizar la veracidad de la hipótesis (parcial o totalmente), se realizaron los tres experimentos ya comentados en la metodología.

Primer experimento:

La base de este experimento es un estudio realizado por Paul Ekman en enfermeras recién licenciadas a las cuales se les mostraba imágenes desagradables y debían fingir que observaban imágenes alegres. En nuestro experimento hemos ampliado el rango de imágenes a las 6 emociones primarias y hemos obviado el condicionamiento a la mentira.

Para el diseño del vídeo que posteriormente visualizaron los voluntarios, se realizó un cuestionario con preguntas tales como miedos de cada persona o actividades que les producían alegría³.

Describe una situación o cosa (animal, actividad, película...) que te de miedo.
44 respuestas

Avispas

Un callejón oscuro y solitario en el que hay un hombre silbando a mi espalda.

Me dan miedo las serpientes y cucarachas.

Figura 33. Elaboración propia.

Describe un escenario que te provoque calma y alegría.
44 respuestas

Estar en la playa

Ver el amanecer

Una montaña, verde, bajo un tiempo soleado, con una ligera brisa que mece los árboles y las hojas de forma muy suave de un lado a otra.

Estar en un campo escuchando un podcast y pintando, o jugando a las cartas con amigos.

Figura 34. Elaboración propia

Posteriormente, se diseñó un vídeo intercalando imágenes alegres o imágenes neutras que transmitieran calma a los participantes de manera que se pudiesen apreciar emociones más puras al mostrar imágenes relacionadas con el resto de emociones como contraste a esas imágenes de alegría.

A continuación, se analizaron las expresiones de cada

voluntario y se usó la inteligencia artificial LearningML para reducir el margen de error que pudiese tener el análisis debido a la calidad de imagen, o a la reducida experiencia en el estudio de microexpresiones. Esta inteligencia artificial es capaz de clasificar imágenes en las categorías que le asignemos al compararlas con otras figuras que designemos dentro de esa categoría. Por ello, para poder diferenciar entre las distintas emociones (cada una de las categorías⁴), primero se subió una batería de microexpresiones forzadas (se simularon) de cada emoción de las cuales la propia IA aprendería y clasificaría.



Figura 35. Elaboración propia.

Finalmente, una vez comprobado mediante la IA la correcta detección de las emociones, se verificaron los resultados en relación a los 81 sujetos estableciendo el grado de presencia de cada emoción mediante porcentajes.

Segundo experimento:

Como base para este experimento tomamos de referencia el modelo de prueba poligráfica que se utiliza actualmente y lo ajustamos al ámbito académico en el que nos encontrábamos.

En este experimento, mediante la realización de 9 preguntas cortas en las que se buscaba forzar al alumno a que mintiera si así lo consideraba, se estudiaba si el polígrafo y las microexpresiones detectaban las mentiras o verdades. Entre ellas encontramos preguntas como: ¿bebes alcohol? o ¿fumas o consumes algún estupefaciente? Sin embargo, en la primera pregunta, se pedía a los sujetos de los experimentos que, mientras se les mostraba una imagen que producía asco, se imaginaran y describieran una situación que les produjese alegría. Con dicha pregunta, se los forzaba a que mintieran ya que realmente en el momento que se les mostraba la imagen, se producía una sobresaturación sensitiva y dejaban de sentir alegría.

Todas las respuestas que se obtuvieron de estas cuestiones, se grabaron para un estudio más detallado y se estable-

³ El formulario completo se encuentra en el enlace al Anexo 2.

⁴ Las categorías con las imágenes utilizadas para el aprendizaje se encuentran en el Anexo 3.

cieron los resultados poligráficos gracias a un pulsioxímetro que se colocó en la mano de los sujetos. Dichos valores también se grabaron.

A continuación, mediante los resultados de la primera pregunta, se estudió la relación entre el polígrafo y las microexpresiones aplicando el análisis estadístico del chi cuadrado:

El test chi2 consiste en tomar una muestra y observar si hay diferencias significativas entre las frecuencias observadas y las especificadas por la ley teórica del modelo que se contrasta, también denominadas “frecuencias esperadas”. O sea, el test o prueba chi2, compara dos tablas, una observada (de frecuencias obtenidas en nuestro estudio), con otra teórica (de frecuencias esperadas y calculadas teóricamente) (Romero, 2011: 32, apud. Serrano, 2022).

Este análisis se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

O_i : son las frecuencias obtenidas o el número de casos observados durante el experimento.

E_i : son las frecuencias esperadas o el número de casos esperados si ambas variables fueran independientes entre sí.

Gracias al estudio mediante el chi cuadrado, se estableció la efectividad de las microexpresiones en el conjunto de las 9 preguntas, en porcentaje, al relacionar los datos obtenidos de ambas variables, los del polígrafo y los de las microexpresiones.

Tercer experimento:

Una vez finalizado el primer experimento y gracias a sus resultados, se estudiaron las expresiones faciales en políticos por la necesidad que estos tienen de ocultar sus sentimientos a la hora de dialogar en un debate, al responder preguntas en las ruedas de prensa, o a la hora de hacer un discurso. Es por esa razón que dicha comprobación se llevó a cabo en los debates electorales de las elecciones del 23 de julio, en ruedas de prensa grabadas y publicadas en Internet durante la pandemia y en discursos del Congreso de los diputados.

5.2 Análisis de datos

Primer experimento:

En este experimento se estableció en porcentaje la replicación de las microexpresiones en 69⁵ personas. Al hacer este análisis estadístico, se demostró que para las emociones de alegría, ira, asco, miedo, sorpresa y desprecio sí se puede afirmar que sean universales independientemente de la etnia debido al alto porcentaje en el que se presentan. Sin embargo, se ha de mencionar la notable diferencia en las emociones de miedo y desprecio, ya que las imágenes no son lo suficientemente idóneas como para obtener casi en la totalidad dichas emociones aunque sí se puede afirmar su universalidad.

A su vez, en estos porcentajes está incluido el margen de error que pudo ocasionar la visualización de imágenes en un contexto lleno de distracciones, tales como la presencia de más de un individuo al visualizar las imágenes o las distracciones provenientes del exterior del experimento (ruido, interrupciones...).



⁵ En el Anexo 4 se encuentra la tabla de la que parten estos porcentajes.



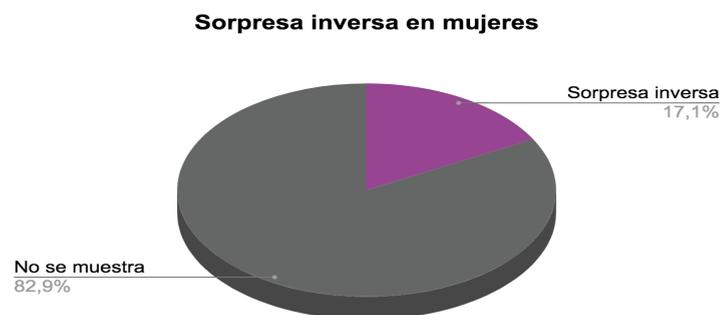
Figuras 36, 37, 38, 39, 40 y 41. Elaboración propia.

En cuanto a la emoción de tristeza, no podemos afirmar o negar su universalidad, debido a que el porcentaje en el que no aparece la emoción de tristeza no se mantiene la cara neutra, pudiendo indicar que pese a experimentar tristeza no se muestra, sino que se aprecia otra emoción. Esto nos indica que las imágenes originalmente planteadas para esta emoción no son realmente idóneas.



Figura 42. Elaboración propia.

Por otra parte, debemos destacar lo que hemos denominado sorpresa inversa, ya que no se contemplaba por autores anteriores. A diferencia de la sorpresa común, esta se da sólo en los ojos, contradiciendo así la necesidad de verse en dos de las tres áreas faciales para afirmar la presencia de la sorpresa. Otros autores contemplan este gesto no como una microexpresión involuntaria, sino como un emblema para denotar interés. Por el contrario, al no haber receptor que pueda leer este interés durante la visualización de los vídeos, se puede establecer como gesto que denota sorpresa, siendo así una emoción no universal ya que sólo ha sido observada en el 10% de los participantes, siendo este porcentaje mujeres en su totalidad. Es por ello que se ha hecho una comparativa a su vez dentro solo de las 41 mujeres participantes en el proyecto estableciendo un 17% de reproducibilidad en este colectivo.



Figuras 43 y 44. Elaboración propia.

Finalmente, cabe señalar la efectividad de la clasificación realizada con inteligencia artificial reconociendo, como en el caso expuesto a continuación, la emoción mayoritaria en el 81% de las veces. *En la imagen adjuntada no se observa una imagen real de los experimentos para conservar la privacidad de los participantes.*

3. Probar

Introduce términos nuevos y comprueba si se clasifican correctamente

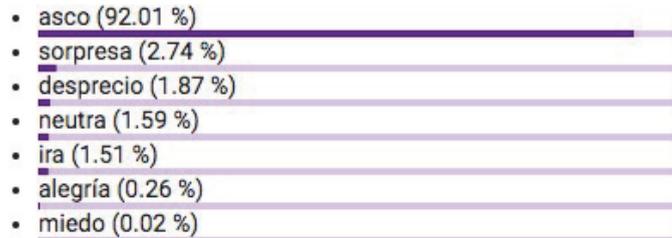


Figura 45. Elaboración propia.

Segundo experimento:

Como se ha comentado anteriormente, con este experimento se pretende demostrar que hay una relación entre el polígrafo y los gestos faciales a través de una batería de preguntas cortas.

Al basarse en una hipótesis, se recomienda el estudio no paramétrico de los datos al haber una distribución libre de los mismos por el estudio de dos variables ordinales (indican ausencia o presencia de un aspecto concreto): el polígrafo y las microexpresiones.

Aplicación del chi cuadrado.

Tras la recopilación de 81 resultados para cada variable, se construyó una tabla de valores con la siguiente distribución y otra con las frecuencias de dicha distribución. A su vez, se estableció una hipótesis nula (H0) que negaba la relación de variables, y una hipótesis alternativa (H1) que afirmaba la relación entre microexpresiones y polígrafo ya comentada.

Nº de participante	Resultado microexpresiones	Resultado polígrafo
1	MENTIRA	MENTIRA
2	MENTIRA	MENTIRA
3	VERDAD	VERDAD
4	VERDAD	MENTIRA
5	MENTIRA	VERDAD
6	MENTIRA	MENTIRA
7	VERDAD	MENTIRA
8	MENTIRA	MENTIRA
9	MENTIRA	MENTIRA
10	MENTIRA	MENTIRA
11	MENTIRA	MENTIRA
12	MENTIRA	MENTIRA
13	MENTIRA	VERDAD
14	VERDAD	VERDAD
15	MENTIRA	MENTIRA
16	VERDAD	MENTIRA
17	MENTIRA	MENTIRA
18	MENTIRA	MENTIRA
19	MENTIRA	VERDAD
20	MENTIRA	MENTIRA
21	MENTIRA	MENTIRA
22	MENTIRA	VERDAD
23	MENTIRA	MENTIRA
24	MENTIRA	MENTIRA
25	MENTIRA	MENTIRA
26	MENTIRA	MENTIRA
27	MENTIRA	VERDAD
28	MENTIRA	MENTIRA
29	VERDAD	MENTIRA
30	MENTIRA	MENTIRA
31	MENTIRA	MENTIRA
32	MENTIRA	MENTIRA
33	MENTIRA	MENTIRA
34	MENTIRA	MENTIRA
35	VERDAD	VERDAD
36	MENTIRA	MENTIRA
37	MENTIRA	MENTIRA
38	MENTIRA	VERDAD
39	MENTIRA	MENTIRA
40	MENTIRA	MENTIRA
41	MENTIRA	MENTIRA
42	MENTIRA	MENTIRA
43	MENTIRA	MENTIRA
44	MENTIRA	MENTIRA
45	MENTIRA	MENTIRA
46	MENTIRA	MENTIRA
47	MENTIRA	MENTIRA
48	MENTIRA	MENTIRA
49	MENTIRA	MENTIRA
50	MENTIRA	VERDAD
51	MENTIRA	MENTIRA
52	MENTIRA	MENTIRA

53	MENTIRA	MENTIRA
54	MENTIRA	MENTIRA
55	MENTIRA	MENTIRA
56	MENTIRA	VERDAD
57	VERDAD	MENTIRA
58	MENTIRA	MENTIRA
59	MENTIRA	MENTIRA
60	MENTIRA	MENTIRA
61	MENTIRA	MENTIRA
62	VERDAD	MENTIRA
63	MENTIRA	MENTIRA
64	MENTIRA	MENTIRA
65	MENTIRA	MENTIRA
66	VERDAD	VERDAD
67	MENTIRA	MENTIRA
68	MENTIRA	MENTIRA
69	MENTIRA	MENTIRA
70	MENTIRA	MENTIRA
71	MENTIRA	MENTIRA
72	MENTIRA	MENTIRA
73	VERDAD	VERDAD
74	MENTIRA	MENTIRA
75	MENTIRA	MENTIRA
76	MENTIRA	MENTIRA
77	MENTIRA	MENTIRA
78	MENTIRA	MENTIRA
79	MENTIRA	MENTIRA
80	VERDAD	VERDAD
81	MENTIRA	MENTIRA

DATOS EXPERIMENTALES				
		MICROEXPRESSIONES		TOTAL
		MENTIRA	VERDAD	
POLÍGRAFO	MENTIRA	61	6	67
	VERDAD	8	6	14
	TOTAL	69	12	81

FRECUENCIA DE DATOS EXPERIMENTALES				
		MICROEXPRESSIONES		TOTAL
		MENTIRA	VERDAD	
POLÍGRAFO	MENTIRA	88,41%	50,00%	82,72%
	VERDAD	11,59%	50,00%	17,28%
	TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%

Figuras 46, 47 y 48. Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla de datos experimentales, se obtuvo una mayor frecuencia de mentiras al buscar dicho resultado a través de la cuestión. A continuación, de los valores esperados se obtuvo el chi cuadrado y se relacionó con su valor crítico negando así la hipótesis nula (la

independencia de las variables) y estableciendo la relación entre ambas debido a un mayor valor del chi cuadrado que del valor crítico.

VALORES ESPERADOS				
		MICROEXPRESSIONES		TOTAL
		MENTIRA	VERDAD	
POLÍGRAFO	MENTIRA	57,074074	9,92592593	67
	VERDAD	11,925926	2,07407407	14
	TOTAL	69	12	81

CHI CUADRADO				
		MICROEXPRESSIONES		TOTAL
		MENTIRA	VERDAD	
POLÍGRAFO	MENTIRA	0,2700507	1,5527916	
	VERDAD	1,2923856	7,43121693	
	TOTAL			10,5464448

HO: HIPÓTESIS NULA. HAY INDEPENDENCIA ENTRE EL POLÍGRAFO Y LAS MICROEXPRESSIONES EN LA DETECCIÓN DE MENTIRAS.	
H1: EXISTE RELACIÓN ENTRE EL POLÍGRAFO Y LAS MICROEXPRESSIONES EN LA DETECCIÓN DE MENTIRAS	
GRADOS DE LIBERTAD=	1
NIVEL DE SIGNIFICACIÓN α =	0,05
VALOR CRÍTICO DE CHI CUADRADO=	3,84145882
P. VALOR =	0,00116412

Figura 49. Elaboración propia.

Dentro de dicho análisis, se estableció a su vez un porcentaje de detección de mentiras del 85,2% en el caso de las microexpresiones y un 82,7% en el caso del polígrafo.

Ambos porcentajes son inferiores a la realidad, como se puede ver en el porcentaje del polígrafo alejado del intervalo marcado por otros estudios anteriores. Esto se debe a la ausencia de un investigador especializado en el lenguaje no verbal que analice los datos, y a no poseer un verdadero polígrafo para las pruebas, pudiendo medir sólo dos variables: las pulsaciones y la concentración de oxígeno. Dichas variables se midieron mediante un pulsioxímetro que cuenta con un margen de error.



Figura 50. Elaboración propia.

Una vez que se estableció la relación entre ambas variables, se estipuló mediante el resto de preguntas, al poner en relación ambos resultados, que las microexpresiones cuentan con un porcentaje de acierto de 80,7%, conteniendo dicha cifra el margen de error comentado anteriormente.

Tercer experimento:

Por un lado, en los debates y entrevistas, los resultados demuestran que los políticos son más propensos a mostrar sus emociones, y por ello se aprecian las microexpresiones establecidas en el primer experimento, con claros ejemplos como los siguientes:



Figuras 51, 52, 53 y 54. Elaboración propia a partir de RTVE, 2023, <https://www.rtve.es/play/videos/especiales-informativos/23j-debate/6934645/>.

En los ejemplos anteriores, sacados del debate a 7 de las elecciones del 23 de julio, podemos apreciar (por orden de aparición): sorpresa, ira con los labios apretados, ira con la “boca cuadrada” y desprecio junto con la frente de sorpresa.

Por otro lado, en los discursos no es posible en su mayor parte analizar las microexpresiones debido a dos factores:

- Muchos de los discursos no están escritos por ellos mismos y al leerlos no sienten sus palabras y se mantienen en un estado de emoción neutro.

- Si, por el contrario, sí han escrito los discursos, las palabras son preparadas y por tanto en muy pocas ocasiones se puede apreciar deslices emocionales.

Por último, ejemplos de estos deslices son la cara de incredulidad, por las palabras escritas en su discurso, de Pedro Sánchez o la alegría e ira en Javier Milei en su discurso tras ganar las elecciones.



Figuras 55 y 56. Elaboración propia a partir de RTVE, 2023, <https://www.rtve.es/play/videos/especiales-informativos/elecciones-generales-argentina-segunda-ronda-2/7014673/>.



Figura 57. Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

Tras haber realizado un estudio exhaustivo de las microexpresiones (su origen y antecedentes), de haber investigado acerca del polígrafo y de haber realizado comprobaciones de universalidad y de detección de mentiras, se han podido alcanzar las siguientes conclusiones:

- Una vez realizado el estudio de las expresiones faciales mediante las imágenes, hemos podido estipular la universalidad en todas las etnias de las microexpresiones

correspondientes a las emociones de: miedo, ira, asco, desprecio y alegría. Sin embargo, como ya se ha mencionado anteriormente, no podemos negar ni afirmar la universalidad de la tristeza al no ser suficientemente idóneas las imágenes seleccionadas para esta emoción.

- Se ha establecido la existencia de microexpresiones no universales, sin negar la universalidad de las anteriores, detectando en este proyecto la presencia de la que hemos denominado sorpresa inversa, la cual se da en una pequeña parte de la muestra de sujetos experimentales.
- Respecto a la detección de mentiras, se ha podido establecer la relación entre polígrafo y microexpresiones, además de obtener un alto porcentaje de acierto con dichos gestos a la hora de descubrir engaños.
- En cuanto a su estudio en personas expertas en el control emocional, se puede establecer que sí muestran deslices y expresiones faciales involuntarias en la mayoría de los casos, pero que al leer un discurso del cual no sienten ninguna emoción, no se puede establecer con verdadera certeza la replicación de las microexpresiones.

Por todo ello, podemos concluir que la hipótesis formulada es correcta pero que sí que pueden existir emociones que se salgan de la regla de la universalidad en todas las etnias pudiendo ser el origen de estas excepciones emblemas derivados de cada cultura.

7. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez concluida esta investigación, cabe cuestionarse sobre otras preguntas que surgen del mismo tema que dan lugar a las posibles próximas líneas de investigación. Son las siguientes:

- Continuar investigando acerca de la emoción de tristeza con imágenes más idóneas para estudiar su universalidad.
- Ahondar en la sorpresa inversa y otras microexpresiones que pueden ser no universales para comprobar si estas se pueden establecer en el mismo porcentaje con una población más representativa.
- Realizar estos estudios en más personas con parálisis parcial facial y en personas con TDAH y TEA (por su posible distinta comprensión de las emociones) para

comprobar si se observan las expresiones del rostro en los mismos porcentajes o no.

- Reproducir dichos experimentos en personas sociopáticas y psicopáticas por su ausencia o distinta comprensión de las emociones.
- Estudiar cómo afecta el estrés situacional y otros factores en la capacidad de concentración de las personas. Esta cuestión surge ya que durante las entrevistas, por el estrés del momento, a respuestas simples como: ¿qué clase has tenido antes?, los voluntarios en ciertas ocasiones acaban diciendo a qué clase pertenecían y muchas veces sin caer en la cuenta de lo que habían afirmado ya que no rectificaron su respuesta.
- Realizar más experimentos de condicionamiento emocional para estudiar la capacidad de las personas para ocultar las microexpresiones cuando se ven en la necesidad de mentir y ser creídas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- American Polygraph Association. (2023). Polygraph validity research [Folleto]. https://www.polygraph.org/polygraph_validity_research.php
- Atresmedia. (2023, 10 de julio). Cara a cara.El debate [Archivo de vídeo] 00:00'00"- 1:48'35". Recuperado de https://www.atresplayer.com/noticias/cara-a-cara-el-debate/temporada-1/cara-a-cara-el-debate_64a5442188e3b0e4796c-b4fa/ [Fecha de última consulta: 25/11/23].
- Brett A. S., Phillips M., Beary J. F. (1999). Problems with the polygraph. *Science*, 286(5439), p. 413.
- Chaves, P. (2016). ¿Qué nos dice el rostro? Microexpresiones faciales en los informativos de televisión (Trabajo fin de grado) Universidad de La Laguna, San Cristóbal de la Laguna. Recuperado de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/38071/%C2%BF-Que?sequence=1> [Fecha de última consulta: 10/12/23].
- Constitución española (BOE núm.311, de 29 de diciembre de 1978).
- Darwin, C. (1998). La expresión de las emociones en los animales y el hombre. Madrid: Editorial Alianza editorial.
- Delgado, A., Hendry, R., Carrillo, L., et alt. (2017). *Biology and Geology 4*. Madrid: Editorial Santillana.
- Ekman, P. (2003). *Unmasking the face: a guide to recognizing emotions from facial expression*. Massachusetts: Editorial Malor books.

- Ekman, P. (2010) *Cómo detectar mentiras: una guía para utilizar en el trabajo, la política y la pareja*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Hall, S. (2017). *El triángulo funesto. Raza, etnia, nación*. Madrid: Editorial Traficantes de sueños.
- Iriarte, M. (2015). *Cultura, multiculturalidad e interculturalidad. Análisis de la educación intercultural en la ciudad de Málaga* (Tesis doctoral) Universidad de Málaga, Málaga. Recuperado de https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/13747/TD_IRIARTE_MONCAYOLA_Manuel.pdf?sequ [Fecha de última consulta: 12/09/23].
- Oxford. (2023). *Oxford Learner's Dictionaries* (10a ed.).
- Pérez, J. I. (2019). *Las razas humanas no existen. The conversation*. Recuperado de <https://theconversation.com/las-razas-humanas-no-existen-117425> [Fecha de última consulta: 25/10/23].
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23a ed.).
- RTVE. (2023, 13 de julio). 23J, a debate [Archivo de vídeo] 00:00'00"- 2:13'24". Recuperado de <https://www.rtve.es/play/videos/especiales-informativos/23j-debate/6934645/> [Fecha de última consulta: 25/11/23].
- RTVE. (2023, 20 de diciembre). Elecciones generales Argentina. Segunda ronda [Archivo de vídeo] 00:56'10"- 1:09'53". Recuperado de <https://www.rtve.es/play/videos/especiales-informativos/elecciones-generales-argentina-segunda-ronda-2/7014673/> [Fecha de última consulta: 25/11/23].
- Rúas-Araújo, J., Punín Larrea, M. I., Gómez Alvarado, H., Cuesta-Morales, P., Ratté, S. (2015). Neurociencias aplicadas al análisis de la percepción: Corazón y emoción ante el Himno de Ecuador. *Revista Latina de Comunicación Social*, (70),401-422. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81948469022> [Fecha de última consulta: 16/05/23].
- Serrano, A. (2022). *Aplicación de las leyes de la física al ballet* (Proyecto de investigación). I.E.S Guadarrama, Guadarrama. Recuperado de https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tWyzuGe4j-x1PX-_VE1ELw_u3QUHsXd8 [Fecha de última consulta: 10/12/23].
- Stoelting. (S.f.). *El polígrafo más inteligente jamás creado* [Catálogo].

9. ANEXOS

Anexo 1

La entrevista adjuntada a continuación se realizó mediante email y las respuestas son las propias de la empresa

1.

a. ¿Con qué sensores cuentan los modelos actuales y qué mediciones se toman?

UN POLÍGRAFO DEBE DE CONTAR COMO MÍNIMO CON 5 SENSORES: RESPIRACIÓN TORÁCICA, ABDOMINAL, TASA CARDIACA, ACTIVIDAD ELECTRODÉRMICA Y SENSOR CONTRAMEDIDAS.

b. ¿Cómo determina el instrumento que alguien miente o no?

EL INSTRUMENTO OFRECE INFORMACIÓN QUE MEDIANTE UNA TÉCNICA SIRVE AL EXAMINADOR PARA DETERMINAR SI EL TESTIMONIO DE UNA PERSONA SOMETIDA A PREGUNTAS DIRECTAS ES CREÍBLE O NO.

c. ¿Frente a qué tipo de respuestas puede determinar su veracidad?

LAS PREGUNTAS DIRECTAS, AQUELLAS QUE NOS SIRVEN PARA DESCIFRAR SI ALGUIEN MIENTE O DICE LA VERDAD SE COMPARAN CON PREGUNTAS SIMILARES LLAMADAS DE CONTROL, ASÍ POR EJEMPLO A LA PREGUNTA ¿SE APODERÓ USTED DE MONEDERO DESAPARECIDO? PODRÍAMOS COMPARARLA CON ¿ALGUNA VEZ SE APODERÓ DE ALGO QUE NO LE PERTENECÍA? OBTENIENDO REACCIONES A AMBAS EN LOS DISTINTOS CANALES, QUE EL EXAMINADOR TENDRÁ QUE VALORAR CONVIRTIENDO LA CURVA EN UN ALGORITMO.

¿Únicamente a respuestas cortas?

CON EL POLÍGRAFO HEMOS DE EMPLEAR PREGUNTAS COMPRESIBLES, MEJOR DE ENUNCIADO CORTO, PUES UNA PREGUNTA LARGA CREA CONFUSIÓN. SOLO SE PUEDE PREGUNTAS SOBRE ACCIONES PASADA, NO SOBRE INTENCIONES (COMO APARECE EN TV CON FRECUENCIA).

d. ¿Tiene algún efecto el estado nervioso del sujeto o el consumo de bebidas con cafeína o energéticas? Si disponen de algún estudio que ahonde en el tema y es posible por favor facilítenmelo.

LA RESPUESTA NEUROFISIOLÓGICA DE UNA PERSONA PUEDE VERSE AFECTADA POR DIVERSAS SUSTANCIAS, SIN EMBARGO SOLO LOS BETABLOQUEADORES AFECTAN A FUNCIONAMIENTO DEL POLÍGRAFO, PUES PODRÍAN ENMASCARAR LAS RESPUESTA. DE HECHO EN LOS CASOS IMPORTANTES UTILIZAMOS PREVIAMENTE UN TEST DE ORINA PARA EVITAR INTENTOS DE MANIPULACIÓN DE LOS RESULTADOS.

e. El miedo que experimenta el sujeto a la hora de hacer la prueba, por ejemplo por temor a ser despedido pese a no haber hecho nada, altera el ritmo cardíaco y la sudoración de la persona.

¿Esto no afecta a las medidas del instrumento?

VEO QUE TE REFIERES AL ESTRÉS SITUACIONAL, EL MISMO QUE PERCIBE UN ALUMNO ANTE UN EXAMEN CUALQUIERA, OTRA COSA ES QUE HAYAS HECHO ALGO POR LO QUE PUEDAN DESPDIRTE, EN ESE CASO AL ESTRÉS SITUACIONAL PROPIO DE SOMETERSE AL POLÍGRAFO SE SUMA EL QUE PROVOCA LA CULPA CUANDO TE PREGUNTAS POR HAGO PUNITIVO QUE HAYAS HECHO.

f. ¿A su vez enfermedades psicológicas como el estrés no pueden afectar también?

CUALQUIER ENFERMEDAD MENTAL QUE ALEJE AL SUJETO DE LA REALIDAD PODRÍA HACER DESACONSEJABLE EL EMPLEO DEL POLÍGRAFO. DE HECHO NOSOTROS NO LO EMPLEAMOS EN

TALES SUPUESTOS.

2. He encontrado ciertos estudios que demuestran que el porcentaje de acierto del polígrafo no es mayor al 50% y sin embargo en su página web defienden que tiene un 96% de acierto.

NO HAY NINGÚN ESTUDIO QUE SEA CIENTÍFICO QUE PRUEBE QUE LA FIABILIDAD DEL POLÍGRAFO SEA COMO TIRAR UNA MONEDA AL AIRE (50) Y SI LOS HAY DONDE SE HA LLEGADO AL 98% Y MÁS.

¿Tienen algún estudio que lo demuestre, y que en cuyo caso, me puedan facilitar?

HAY CIENTOS DE ESTUDIOS, NORMALMENTE ESTÁN EN INGLÉS

https://www.polygraph.org/polygraph_validity_research.php

3. ¿Se apoyan en algún otro método para verificar los datos aportados por el polígrafo? Por ejemplo el lenguaje corporal o el análisis del lenguaje del sujeto.

TENIENDO EN CUENTA QUE EL DETECTOR DE MENTIRAS ES EL EXPERTO Y NO LA MÁQUINA, ESTE PUEDE UTILIZAR UN CONJUNTO DE TÉCNICAS QUE LE APOYAN EN SU DECISIÓN, LOS HAY PERFILADORES CRIMINALES, GRAFÓLOGOS, LECTORES DEL LENGUAJE NO VERBAL, QUE ANALIZAN LA COHERENCIA DEL DISCURSO DEL SUJETO, ETC. Y POR SUPUESTO LA EXPERIENCIA EMPÍRICA.

4. Marco legal:

a. ¿Los datos obtenidos podrían ser utilizados como motivo de despido o se consideraría despido improcedente a efectos legales?

EL EXPERTO EN POLÍGRAFO NI CONTRATA NI DESPIDE, ESO DEPENDE DE DIVERSAS CIRCUNSTANCIAS. EN ESPAÑA SE USA EL POLÍGRAFO PARA VALORAR LA IDONEIDAD DE UN CANDIDATO A UN PUESTO DE TRABAJO, TAMBIÉN PARA MANTENER LA CONFIANZA EN EL MISMO, PERO NO PARA DESPEDIRLE.

c. ¿Se podrían usar los resultados de la prueba en el ámbito jurídico?

SI, DE HECHO NOSOTROS LLEVAMOS EL POLÍGRAFO A LOS TRIBUNALES TODOS LOS AÑOS EN DISTINTOS TIPOS DE CASOS, TAMBIÉN HABLAMOS CON ABOGADOS PARA RECOMENDARLE SU USO EN LA DEFENSA DE UN CLIENTE, COMO POR EJEMPLO CUANDO NO HAY PRUEBAS FEHACIENTES EN SU CONTRA.

HAY UNA MUY MALA INFORMACIÓN SOBRE LA VALIDEZ DEL POLÍGRAFO, UNA HERRAMIENTA QUE HA SIDO BANALIZADA EN TELEVISIÓN EN PROGRAMAS DE LA LLAMADA TELEBASURA. SIN EMBARGO AQUÍ VAMOS A APROVECHAR PARA PUNTUALIZAR LA SITUACIÓN REAL.

SEGÚN EL ORDENAMIENTO JURÍDICO VIGENTE, A UNA PERSONA IMPUTADA O INVESTIGADA NO SE LE PUEDE EXIGIR SOMETERSE AL POLÍGRAFO PORQUE LE ASISTE EL DERECHO DE NO DECLARAR E INCLUSO MENTIR PARA DEFENDERSE, YA QUE LA CARGA DE LA PRUEBA RECAE EN QUIEN ACUSA. PERO TAMBIÉN SE ESTABLECE QUE UNA PERSONA ACUSADA TIENE DERECHO A DEFENDERSE DE LA FORMA QUE CONSIDERE OPORTUNA, POR EJEMPLO SOMETER SU TESTIMONIO AL POLÍGRAFO.

EN POLIGRAFO.COM OFRECEMOS PERICIALES DE EVALUACIÓN DE LA CREDIBILIDAD A ABOGADOS QUE NECESITAN DE UN APOYO CONSISTENTE PARA DEFENDER UN CASO, ASÍ SOMETEMOS AL AFECTADO A UNA BATERÍA DE PRUEBAS Y ENTREVISTAS PSICOLÓGICAS DONDE AÑADIMOS LA PRUEBA DEL POLÍGRAFO COMO HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO DE LA CREDIBILIDAD.

EN 30 AÑOS DE PROFESIÓN HEMOS SALVADO A MUCHOS INOCENTES DE SER CONDENADOS INJUSTAMENTE.

¿O una entrevista realizada a un acusado que se someta a la prueba del polígrafo no puede usarse como prueba?

d. Si sí es vinculante, ¿en qué casos se podría aplicar?

LA PERICIAL PSICOLÓGICA DE EVALUACIÓN DE LA CREDIBILIDAD NO ES VINCULANTE, COMO NO LO ES CUALQUIER OTRA PERICIAL, SIN EMBARGO, DEPENDIENDO DE LA FUERZA DE LA ACUSACIÓN EL POLÍGRAFO PUEDE SER DECISIVO PARA QUE SE INCLINE LA BALANZA DE UN LADO U OTRO.

5. ¿Me podrían facilitar el nombre de la empresa que fabrica los polígrafos?

SOMOS REPRESENTANTES DE STOELTING CO. DE ILLINOIS, EE. UU., EMPRESA QUE LANZÓ EN PRIMER POLÍGRAFO DE AGUJAS, EL PRIMER POLÍGRAFO COMPUTARIZADO Y AHORA EL MÁS MODERNO DE TODOS, EL MODELO ELITE, ADAPTADO PARA FUNCIONAR CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Anexo 2

La información de este anexo se encuentra disponible en el enlace:

<http://docs.google.com/document/d/1fy-dVkOoDdSPxGr-3HHRvirjuPJYVSeruoHWXG4D6wUs/edit?ups=drivedk>

Anexo 3

1. Entrenar

Primero necesito algunas imágenes de ejemplo

+ Añadir nueva clase de imágenes

tristeza (15)



desprecio (27)



asco (24)



alegría (26)



neutra (20)



miedo (20)



ira (23)



sorpresa (29)



Figura 58. Elaboración propia

Anexo 4

Nº de participante	Alegría	Sorpresa	Miedo	Asco	Tristeza	Ira	Desprecio	Sorpresa inversa
1	X			X	X	X	X	
2	X	X	X	X	X	X	X	
3	X	X	X	X		X	X	
4	X			X		X	X	
5	X	X		X		X	X	
6	X	X		X	X			
7	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X		X		X	X	
9	X		X	X		X		
10	X	X	X	X		X	X	
11	X	X	X	X		X	X	
12		X	X	X	X	X	X	
13	X	X	X	X		X	X	
14	X	X	X	X		X	X	
15	X	X	X	X		X	X	
16	X	X	X	X			X	
17	X	X		X		X	X	
18	X		X			X		
19	X	X				X	X	
20	X	X	X	X	X	X	X	
21	X	X	X	X			X	X
22	X		X	X		X	X	
23	X	X	X	X		X		
24	X	X	X	X		X	X	X
25	X	X		X	X	X		
26	X	X						
27	X	X	X	X	X	X	X	
28	X	X		X				
29	X	X	X	X	X	X	X	
30	X	X	X	X	X	X	X	X
31	X			X		X	X	
32	X	X	X					
33	X	X	X	X		X	X	X
35	X	X	X	X	X	X		
36	X			X		X	X	
37	X	X	X	X	X	X	X	
38	X	X	X	X	X	X		
39	X	X	X	X	X	X	X	
40	X	X	X	X		X	X	
41	X	X		X	X	X	X	
42	X	X	X	X		X		X
43	X	X		X		X	X	
44		X		X	X	X		
45	X				X	X	X	
46	X	X	X	X	X	X	X	
47	X	X		X		X	X	

48	X	X	X	X	X	X	X		
49	X	X	X	X		X		X	
50	X			X	X	X	X		
51	X	X	X	X	X	X	X		
52	X		X				X		
53	NV								
54	X	X	X	X	X	X	X		
55	X	X		X		X	X		
56	X	X	X	X	X	X	X		
57	X		X	X		X	X		
58	X	X	X	X	X	X	X		
59	X	X	X	X	X	X			
60	X		X	X	X	X	X		
61	NV								
62	NV								
63	NV								
64	NV								
65	NV								
66	X	X	X	X	X	X	X		
67	X		X	X	X	X			
68	X	X	X	X	X	X			
69	X	X	X	X	X	X	X		
70	X	X	X	X	X	X	X		
71	X	X	X	X	X	X	X		
72	X	X	X	X	X	X	X		
73	X	X	X	X	X	X	X		
74	X	X	X	X	X	X	X		
75	X	X	X	X	X	X	X		
TOTAL VÁLIDO	69	66	56	49	63	36	61	52	7

Formicidae:

Estudio de las preferencias alimentarias de hormigas en cautividad y en su medio natural.

Helena Belloso Alonso

Tutora: Paola García Martínez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer a mi tutora que me ha ayudado y me ha abierto la mente a un mundo de la investigación tan interesante. Por apoyarme en los momentos más difíciles en los que me atascaba y por escuchar mis ideas y opiniones.

Dar las gracias a mi familia por ayudarme cuando no sabía por dónde empezar a escribir, a ayudarme con los experimentos y a dejarme tener hormigas en casa.

Y por último una figura que me ha ayudado mucho es José Manuel Vidal Cordero, entomólogo del CSIC que ha respondido y explicado todas mis dudas.

ÍNDICE

RESUMEN	42
ABSTRACT	42
1. Justificación	42
2. Marco teórico	42
2.1 Introducción, las hormigas	42
2.1.1 Morfología de las hormigas.	43
2.1.2. Alimentación de hormigas.	43
2.1.3. Eusocialidad	44
2.1.4. El hormiguero	45
2.1.5. La comunicación y la recolección	46
2.1.6. El superorganismo	47
2.1.61 Importancia de las hormigas en los ecosistemas: interacciones con otros seres vivos.	48
2.1.62. Hormigas como bioindicadoras en relación con los incendios.	48
2.1.63. Hormigas invasoras: la hormiga argentina	50
3. Hipótesis	51
4. Objetivos	51
5. Metodología	51
6. Cría de hormigas en cautividad	52
7. Experimentación	52
8. Análisis de datos	54
9. Conclusiones	60
10. Dificultades encontradas	60
11. Próximas líneas de investigación	60
12. Bibliografía	61

RESUMEN

Las hormigas tienen fama de comerse todo lo que encuentran, pero lo que nunca se pregunta uno es si tienen preferencias. Aunque creamos que las hormigas no nos afectan en el día a día son imprescindibles para nuestra vida y es que las hormigas desarrollan un papel muy importante en la naturaleza como es la polinización de algunas plantas o el control de plagas.

La alimentación de las hormigas es muy variada ya que existen hormigas granívoras que se alimentan de semillas o carnívoras que se alimentan de otros seres vivos, desde pequeños insectos hasta pequeños vertebrados, desarrollando así grandes características depredadoras.

Además las hormigas tienen bastante en común con los humanos ya que cultivan su propio hongo, forman “rebaños” de pulgones y crean y diseñan estructuras complejas.

El objetivo de este trabajo es comprobar si las hormigas tienen preferencias alimentarias y si existen diferencias entre las hormigas en cautividad y las hormigas en libertad. Esto se ha comprobado a través de experimentos en los que se han colocado distintos tipos de cebos (glutamina, aceite, agua, azúcar, galleta y sal) tanto en hormigas en libertad como en hormigas en cautividad.

Los resultados obtenidos en las colonias de hormigas estudiadas en este trabajo muestran que la opción preferida en la mayoría de los casos fue el azúcar y que ambas y a excepción de una especie (que resultó ser invasora) rechazan el aceite como alimento. Además se demuestra que sí hay diferencias en las preferencias entre las hormigas en cautividad y las hormigas en libertad.

Palabras clave: *hormigas, preferencias alimentarias, hormigas en libertad, hormigas en cautividad, ecosistemas, hormigas como bioindicadoras, biología de las hormigas.*

ABSTRACT

Ants are known for eating everything they come across, but what you never wonder is whether they have any eating preferences or not. Although we believe that ants do not affect us on our daily lives, they are essential as they play a very important role in nature, pollinating some plants or controlling pests.

The diet of ants is varied. There are ants that feed on seeds and others that feed on other living beings, from small insects to small vertebrates. As a consequence, they have developed great predatory behaviour.

Moreover, ants have a lot in common with humans as they grow their own fungi, form "herds" of aphid, and create and design complex structures.

The aim of this work is to determine if ants have any eating preferences and if there are differences between ants in captivity and ants in their natural environment. The results obtained from experiments in which different types of bait were used (glutamine, oil, water, sugar, biscuit and salt), is that both types of ants prefer feeding on sugar and with the exception of one species (which turned out to be invasive), reject feeding on oil. Furthermore, it was proved that there is a difference in eating preferences between ants in captivity and ants in their natural environment.

Keywords: *ants, food preferences, ants in their natural environment, ants in captivity, ecosystems, ants as bioindicators, biology of ants.*

1. JUSTIFICACIÓN

La biología es algo complicado de experimentar si no tienes herramientas suficientes. Y fue Paola, mi tutora, la que me enseñó una investigación de una Universidad de Carolina del Norte donde estudiaban sobre las preferencias alimentarias de las hormigas, AntPicnic. En este proyecto de Ciencia ciudadana buscan saber si el cambio climático puede afectar a la alimentación, ya que las hormigas prefieren lo que les falta en el hábitat y saber a través de ellas la calidad del medio ambiente.

Las preferencias alimentarias de las hormigas es un tema poco investigado por lo que es poco conocido, y es por eso que en este trabajo se ha estudiado el comportamiento y sobre todo la alimentación de las hormigas ya que se ha experimentado sobre qué prefieren dentro de unas opciones dadas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción, las hormigas

Formicidae, más conocidas como hormigas son animales dentro del reino *Animalia* y dentro del filo *Arthropoda*, pertenecientes al subfilo *Hexapoda* y a la clase *Insecta*, dado a

sus segmentos divididos del cuerpo. Están dentro del orden *Hymenoptera*, del griego *hymen* que significa membrana y *pteros*, ala. Esto es porque las hormigas presentan dos pares de alas, pero sólo las poseen los individuos sexuados, es decir los machos y la reina.

Las hormigas han evolucionado de la familia de avispas *Crabronidae*. Algo que las representa es la vida que llevan en sociedad, sobre lo que hablaremos después. Este grupo está presente en todos los continentes menos en Antártida. (Vidal, 2021)

Las hormigas son los artrópodos más abundantes, ya que ocupan más de la mitad de la biomasa animal, es decir el conjunto de seres vivos en el planeta. (Hölldobler y Wilson, 2014)

Según el experimento de Erwin (Canopy arthropod biodiversity: a chronology of sampling techniques and results, 1989: 75) las hormigas constituyen el 69% de los artrópodos.

Edward O. Wilson (1996), en su libro “Viaje a las hormigas” afirmaba que “sumadas todas las hormigas del mundo juntas, pesan aproximadamente lo mismo que todos los seres humanos” (p.14) sin embargo el Museo de Ciencias (2014) ha afirmado que ese dato no puede ser una estimación realista, ya que los datos quedan muy lejos incluso en 1996 cuando no había tanta población ni sobrepeso. Por otro lado, Vidal, (2021) y Hölldobler, (2014) también afirman la idea de Wilson:

“*Homo sapiens* está compuesto por 6600 millones de individuos. Por otro lado, una estimación del número de hormigas existentes indica una cifra entre 1000 y 10 000 billones de individuos. Puesto que cada ser humano pesa uno o dos millones de veces más que una hormiga, podemos decir que en términos generales las hormigas y los seres humanos tienen la misma biomasa” Hölldobler y Wilson (2014: 20)

2.1.1 Morfología de las hormigas.

Las hormigas tienen apéndices articulados, seis patas y su cuerpo está dividido en segmentos. Como ya he dicho antes, presentan dos pares de alas, pero solo los sexuados las tienen. Presentan una cintura de avispa: esto significa que tienen un estrechamiento entre los segmentos del cuerpo, que separan las dos primeras partes del tercero, es decir lo separa del abdomen. Como se puede ver en la Figura 1, el cuerpo está dividido en tres partes: cabeza, mesosoma y gatro que sería el abdomen. (Vidal, 2021)

- Las antenas están compuestas por el *funículo* y el *escapo*.
- La mandíbula está situada debajo de las antenas, tiene un sistema masticador-lamedor el cual contiene la *glosa* que es utilizada para lamer.
- La cabeza está formada por un par de *ojos compuestos* y otros tres ojos menos desarrollados que solo detectan el cambio de luz.
- El mesosoma está dividido en *pronoto*, *mesonoto* y *propodeo*, donde se encuentra el espiráculo que conecta el sistema respiratorio con el exterior.
- Entre el mesosoma y el gatro está el peciolo que contiene las *espinas*.
- El gatro es la última parte de la hormiga, aquí se encuentra el *aguijón* que está conectado a una glándula de veneno para paralizar a las presas.

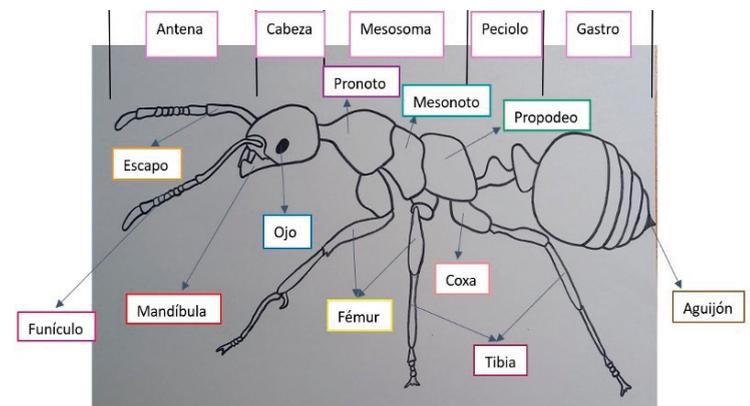


Figura 1. La anatomía externa de una hormiga. (Elaboración propia)

2.1.2 Alimentación de hormigas.

La alimentación de las hormigas depende de la especie que sea y donde se encuentre esa especie. Pueden ser *granívoras* que se alimentan de semillas o carroñeras que prefieren otros seres vivos, pero algo que comparten todas las hormigas es el gusto por el néctar, un alimento rico en azúcares y aminoácidos. (National geographic, 2023)

La alimentación depende de las mandíbulas; como las *granívoras* que tienen unas más grandes o como las *carnívoras* que utilizan el aguijón y la mandíbula para cazar otros animales. Las hormigas tienen una organización para recolectar hojas y cada hormiga tiene su función; las hojas pasan de las

hormigas más grandes a las hormigas más pequeñas. Todas y cada una de las hormigas van masticando las hojas hasta que queda una masa pequeña que lleva tanto hojas como saliva. Este proceso lo hacen porque utilizan esta masa de abono, para el cultivo de un hongo; *Leucoagaricus gongylophorus* del cual después se alimentan. (Maeterlinck, 1967)

Con respecto a la caza, hay varias técnicas y diferentes tamaños de animales cazados. Las hormigas pueden transportar la presa solas si es una presa pequeña o ir en busca de otras hormigas para llevarlo todas juntas o despedazarlo en trozos para que cada hormiga lleve uno. Esta técnica permite llevar animales más grandes al hormiguero, incluso pueden llegar a cazar vertebrados como la hormiga tejedora. Esta especie tiene almohadillas adhesivas y unas grandes garras en sus patas que les ayuda a unirse entre sí y formar una cadena de hormigas pegándose a una planta y agarrando a la presa por el otro lado.

También existen ejemplos de caza que requieren menos energía y es la idea de trampas. Las hormigas ponen plumas en la entrada del hormiguero: esto atrae a insectos que se alimentan de plumas y caen en la trampa. Esta medida es muy útil cuando hay escasez de alimentos.

Las hormigas pueden actuar como carroñeras, depredadoras y herbívoras, por ejemplo las hormigas que se alimentan del excremento producido por los pulgones, rico en azúcares (Hölldobler y Wilson, 2014) y es que al igual que otros animales, las hormigas también tienen relaciones simbióticas con otros animales; obtienen alimento de artrópodos y los artrópodos obtienen protección de ellas. Los pulgones se alimentan de la savia y producen sustancias azucaradas llamadas mielato. Las hormigas a cambio de este mielato protegen a los pulgones de las mariquitas y las llevan a otras plantas con más savia. Esta relación se llama trofobiosis.

En la alimentación hay distintos papeles: las hormigas con mayor mandíbula son las encargadas de triturar el alimento y hacerlo papilla para que el resto puedan comer. (Vidal, 2021)

2.1.3 Eusocialidad

Mark W. Moffett afirma en su libro “Adventures among ants” que los humanos nos parecemos más a las hormigas que a los chimpancés. Esta frase hace referencia a que cultivan su propio hongo y forman rebaños de pulgones,

lo que nos puede recordar a nuestras actividades ganaderas y agricultoras. Además la característica que más nos une es el hecho de ser animales sociales. Por otro lado, las hormigas hacen actividades que pensábamos que eran exclusivamente humanas como es el uso de herramientas y actividades como la costura, ya que con la propia seda de las larvas cosen hojas para formar sus nidos.

Las hormigas son eusociales porque tienen un sentido cooperativo y es que son capaces de transmitir el conocimiento de generación en generación. Esta táctica les ayuda a saber que animales son amigos y cuáles no lo son. (Vidal, 2021)

Como describen Hölldobler y Wilson (2014) para que un ser sea eusocial tiene que presentar tres características:

1. Los individuos deben separarse en castas reproductoras y en castas obreras.
2. Tienen que coexistir individuos de diferentes generaciones en el mismo nido.
3. Las obreras que no sean reproductoras deben criar y cuidar de las crías.

Se puede ver que hay una división de trabajos y que no importa el individuo sino la colonia ya que son capaces de sacrificarse por el bienestar de la colonia. Esto lleva a que se comporten como una unidad al cooperar entre todas.

Las obreras son las encargadas de cuidar de la reina, mantener el nido y criar. Al mismo tiempo que va creciendo su trabajo en el nido este va cambiando, las hormigas más mayores son las que salen al exterior para buscar alimento y defender la colonia, es decir realizan las labores más peligrosas y por este motivo las hormigas más mayores son las que lo llevan a cabo.

Un ejemplo de comportarse como una unidad es el acto de almacenar líquidos en el buche para alimentar al resto del hormiguero, esta acción se llama trofalaxia.

Pero lo más impresionante es la respuesta que tienen a las inundaciones para sobrevivir y es que construyen balsas con sus propios cuerpos, uniéndose entre sí para refugiarse a la reina y a los estados juveniles. Pueden aguantar meses en esta posición hasta que encuentran tierra para deshacer la balsa. Como ya se ha explicado antes, las hormigas mantienen en contacto con cualquier líquido, pero pueden sobrevivir y flotar por la alta cohesión que se forma al igual que las bolsas de aire alrededor de las hormigas que les permite

flotar y mantienen la forma al agarrarse con sus potentes mandíbulas y sus patas esto les lleva a conseguir una capacidad hidrofóbica que repele el agua.

Pero en el momento que más coordinadas están es cuando saben que la barca ha sufrido algún daño y tienen la capacidad para autocurar a la barca. A esta coordinación se le llama *superorganismo*, se podría decir que puede hacer lo mismo que la piel cuando sufre un corte, regenerarse. (Vidal, 2021)



Figura 2. Pequeña balsa de hormigas formada por la especie *Messor barbarus* en un charco. (elaboración propia)

Un superorganismo permite que haya mayor cooperación, lo que hace que las hormigas tengan estrategias de guerra muy complejas o agresiones para defender la colonia.

Para indicar si pertenece o no a esa colonia hay un marcaje con feromona. Esto implica agresiones hacia las hormigas que no son de la colonia, estas hormigas buscan defender la descendencia o el alimento. La forma que tiene una hormiga de protegerse es doble; con arma física, como puede ser la mandíbula o armas químicas. (Khan Academy, s.f.)

También, pueden luchar cuerpo a cuerpo y actuar como un superorganismo. Cada especie tiene tácticas distintas, algunas entretienen al enemigo mientras las hormigas sexuales huyen, un claro ejemplo de sacrificio. Una de las maneras es a base de la distracción, echan piedras en la boca del hormiguero para que las hormigas se alteren y así poder buscar alimento sin peligro. Las hormigas se desafían constantemente para expulsar a una colonia del territorio; consiste en aparentar ser más grande que el rival.

Como ejemplo de sacrificio destaca que las hormigas explotan para defenderse, este proceso llamado autólisis es la capacidad de generar una explosión venenosa cuando se encuentran bajo amenaza. Las hormigas realizan un movimiento rápido que genera la explosión, cubriendo así de

una sustancia amarilla a cualquier ser que esté alrededor, inhibiendo su movilidad.

Las constantes peleas acaban a veces en pequeñas guerras entre distintas colonias. Por eso, dependiendo de las especies atacan de una manera u otra; por ejemplo, rocían sustancias químicas que son secretadas por el gastro, este veneno confunde o incluso puede llegar a paralizar al rival. Lanzan ácido fórmico en una herida que previamente han hecho ellas y también secretan hilos de espuma, que está presente en una glándula de veneno y que sirve para desorientar a otros animales y a su vez de desparasitante para algunas aves. (Vidal, 2021)

2.1.4 El hormiguero

El hormiguero está compuesto por una reina que es la hembra fecundada, por obreras hembras que no se pueden reproducir y por machos que mueren al poco tiempo de fecundar a la reina.

Cada hormiga tiene su trabajo dependiendo de la edad: las hormigas más mayores son las que salen a la superficie y las jóvenes se quedan en el interior del hormiguero protegidas de depredadores.

Las hormigas llevan a cabo constantemente un saneamiento entre ellas es por eso que mantienen el olor de la colonia al lavarse entre ellas, al igual que un constante juego o lucha entre sí que les permite desarrollar destrezas.

Las hormigas siempre cooperan entre sí es por eso que podemos decir que pueden llevar a cabo acciones altruistas. Este es el caso de las hormigas mieleras que utilizan su cuerpo como almacenamiento en los momentos de escasez de alimento. Estas hormigas se llenan de néctar y se cuelgan en el techo de una cámara. Cuando escasean los alimentos en esa zona las hormigas acuden a estas reservas y tienen que tocar la boca de la hormiga para indicarla que quiere comer y genera la respuesta de regurgitar la comida para que puedan comer.

Las hormigas pueden almacenar el néctar porque el gastro se hipertrofia, es decir aumenta de una forma extraña hasta el tamaño de una uva. Cuando se acaba la reserva el grado de hipertrofia es tan grande que la hormiga no puede volver a su tamaño normal y acaba muriendo. (Vidal, 2021)

2.1.5 La comunicación y la recolección

Las hormigas usan las señales químicas y los sentidos; vista, tacto, oído y olfato.

- Vista: Las hormigas hacen movimientos de cabeza o de mandíbula para mandar hacer una tarea a otra. Como ya sabemos las hormigas usan feromonas las cuales si hace calor se degradan y se pierde el rastro, pero ellas saben volver ya que se orientan porque memorizan puntos de referencia visuales, orientándose por la posición del sol para saber qué dirección coger y contar el recorrido mediante el número de pasos dados. Esta técnica es la más utilizada en las hormigas que viven en el desierto por las altas temperaturas.
- Tacto: Las hormigas transmiten mensajes por tacto como puede ser tocar la boca de otra hormiga con la pata para que regurgite y le alimente. O cuando hay un estímulo y una hormiga quiere guiar a otra hacia ese estímulo manteniendo un contacto con las antenas en todo momento y si en algún momento este contacto se pierde significa que la hormiga que estaba siendo guiada no está siguiendo a la otra hormiga por lo tanto la reacción será girarse y buscarla.
- Oído: Esta comunicación acústica es imperceptible para el oído humano. Este sonido indica alarma o algún tipo de advertencia, es para momentos de urgencias ya que viaja más rápido que el tacto. Transmiten vibraciones causadas por un tamborileo entre distintas partes del cuerpo, a esto se le llama *estridulación*. Hay una estructura llamada rascador que se encuentra en el postpeciolo y eso frota sobre la placa *estriduladora* que se encuentra en el gastro y produce un sonido similar al de los grillos que serán captados por unos pelos sensoriales situados en las antenas de las otras hormigas.
- Olfato: Las antenas presentan órganos olfativos con neuronas receptoras de olor que son las encargadas de captar los hidrocarburos en la epidermis, que son las moléculas responsables del olor de cada colonia como veremos a continuación. (Hölldobler y Wilson, 2014)

Presentan regiones en el cerebro que son las que procesan las señales llamadas *lóbulos antenales* y que están muy desarrolladas.

El olor que tiene cada colonia se desarrolla cuando se acicalan entre sí, pues estos olores están compuestos por moléculas complejas de hidrocarburos y ácidos grasos. Estas feromonas son las encargadas de coordinar el sistema de comunicación química. Actúan no sólo para las hormigas sino para otras especies, a estas sustancias

químicas que emiten los organismo y que afecta en el comportamiento de otras especies se le llama *semioquímica*. La regulación, integración y cohesión dependen de las feromonas al igual que la respuesta depende de la concentración que haya.

Hay dos tipos de feromonas; las de agregación y las de alarma. Las primeras son responsables de que las obreras se reconozcan entre ellas dentro de la colonia. Esto hace que rechacen a otras hormigas que no sean de la misma colonia aunque sean de la misma especie. Cada colonia tiene su olor y hay muchas combinaciones de olores, ya que las hormigas se pasan este olor gracias al continuo aseo. Estas feromonas de pista se producen en el gastro y se liberan en el suelo para dejar un rastro.

Y la feromona de alarma que se produce en la cabeza. Estas señales informan sobre alguna amenaza, es una transmisión rápida al contrario que las feromonas de pista y las hormigas responden a estas produciendo más feromonas de alarma. (Vidal, 2021)

Las hormigas, al perder las alas, les cambió la manera de forrajear a grandes distancias como pueden hacer las abejas. Esto les obligó a depender más de las sustancias químicas para la comunicación y la reducción de comunicación táctil. Sus cuerpos tienen muchas glándulas exocrinas que producen feromonas. Existen doce funciones para las que se utilizan las sustancias químicas en la comunicación:

1. Alarma: como respuesta a una invasión por parte de algún enemigo o una rotura en el nido.
2. Atracción: para juntar a individuos.
3. Reclutamiento: para la búsqueda de los alimentos, para un nuevo lugar donde formar el nido o para un enfrentamiento con otros enemigos.
4. Acicalamiento: Para reclamar asistencia durante mudas y cuidado de la nidada.
5. Trofalaxia: Intercambio de líquido entre hormigas. El intercambio es para alimentos o para compartir feromonas.
6. Intercambio de alimentos sólidos.
7. Efecto grupal: Facilitar o inhibir una actividad.
8. Reconocimiento de los compañeros del nido y de las distintas castas: para reconocer el estado de fertilidad y reconocer los heridos y muertos.

9. Determinación de las castas: Mediante el estímulo o el impedimento de que ciertos individuos pasen a formar parte de ciertas castas.
10. Control de individuos reproductores que compiten entre sí.
11. Señalización del territorio, del área y del interior del nido.
12. Comunicación sexual: reconocimiento de la especie y del género, actividad sexual y respuestas hacia los rivales y las parejas durante la competencia sexual. (Hölldobler y Wilson, 2014).

2.1.6 El superorganismo

La formación de un superorganismo se basa en la sociogénesis que es la decisión para la formación de castas especializadas dependiendo del algoritmo de desarrollo. Es decir, son unas secuencias para decidir el crecimiento de cada individuo, tal y como se puede observar en la siguiente figura.

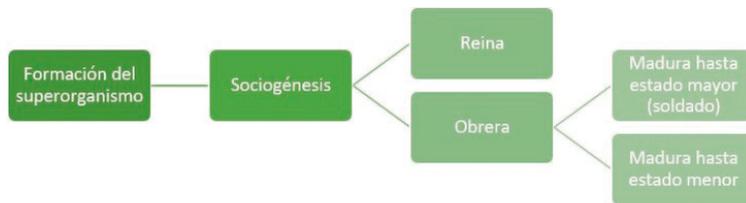


Figura 3. Algoritmo de desarrollo (Elaboración propia)

“Una hormiga sola es una decepción; realmente, no es una hormiga en absoluto” (Hölldobler y Wilson, 1996: 135)

Para que un animal sea un superorganismo necesita tener eusocialidad y entonces, presentar esas tres características mencionadas anteriormente en el apartado de eusocialidad. (Hölldobler & Wilson, 2014)

Los superorganismos hacen que no haya conflictos entre los individuos del mismo nido. Las hormigas se guían por las reglas de comportamiento para responder a un estímulo y esto define el comportamiento social.

William Morton Wheeler comparó la idea de organismo y superorganismo en 1910 en “The ant-colony as an organism”. En el que establece comparaciones entre conceptos relativos a los niveles de organización del organismo respecto a su equivalente en el superorganismo como puede verse a continuación en la tabla. Destacamos por ejemplo la comparación entre la organogénesis del individuo con la

sociogénesis en la colonia de hormigas o la identificación del sistema circulatorio con la distribución de alimentos y secreción de sustancias químicas. En definitiva lo que pone de manifiesto es que los miembros de la colonia trabajan como una unidad, al igual que las células de un organismo.

Organismo	Superorganismo
Célula	Miembros de la colonia
Concha/ esqueleto	Nido
Organogénesis (desarrollo del embrión)	Sociogénesis (desarrollo de la colonia)
Sistema reproductor	Reinas y machos (sexuados)
Sistema inmunitario	Comunicaciones de alarma
Sistema circulatorio	Distribución del alimento y secreción de sustancias químicas
Sistema nervioso	Comunicación entre los individuos de la colonia
Órganos sensoriales	Aparatos sensoriales para la comunicación
Órganos somáticos	Hormigas obreras

Figura 4. Comparación entre los niveles de organización de un organismo y su equivalente de un superorganismo. (Elaboración propia a partir de The ant-colony as an organism, Wheeler (1911)

El nido es una estructura unitaria que está basada en la fuerza defensiva.

“The nest is a unitary structure, built on a definite but plastic design and through the cooperation of a number of persons. It not only reflects the idiosyncrasies of these persons individually and as a whole, but it often has a most interesting adaptive growth and orientation which may be regarded as a kind of tropism”. (Wheeler, 1910: 310) [El nido es una estructura unitaria, construida sobre un diseño definido pero plástico y a través de la cooperación de varios individuos. No solo refleja la idiosincrasia de estos individuos individualmente y como un todo, sino que a menudo tiene un interesante crecimiento adaptativo y una orientación que puede considerarse como una especie de tropismo] (traducción propia). Las modificaciones de las

fases obreras y de la reina se producen durante la sociogénesis y en el organismo los caracteres somáticos en el germoplasma del óvulo, ya explicado al principio de este apartado basado en el algoritmo de desarrollo y en la capacidad de la reina para guardar el esperma de los machos.

2.1.61 Importancia de las hormigas en los ecosistemas: interacciones con otros seres vivos.

Las hormigas al igual que el resto de seres vivos son muy importantes en los ecosistemas; estos animales tienen un papel clave en la regeneración y el funcionamiento de los ecosistemas. Estos insectos polinizan, al igual que abejas y otros animales, pero no sólo eso. Las hormigas tienen relaciones simbióticas por ejemplo con plantas, que se denomina *mirmecofilia*. La planta produce néctar para atraer a las hormigas y éstas al ser agresivas con otros animales las protegen de plagas y de larvas que puedan comerse a las plantas. (Rodríguez, 2023)

Otro ejemplo sería la relación entre hormigas y plantas carnívoras como *Nepenthes*; las hormigas se mueren con líquido, pero en los jugos gástricos de estas plantas son capaces de sobrevivir y nadar. Las *Nepenthes* protegen a las hormigas que hacen sus nidos dentro de la planta y a cambio, las hormigas limpian la planta de insectos que no pueda digerir. Así ayudan a la planta para que aumente su eficacia para capturar presas, defendiendo a la planta de parásitos y de seres herbívoros. (Vidal, 2021)

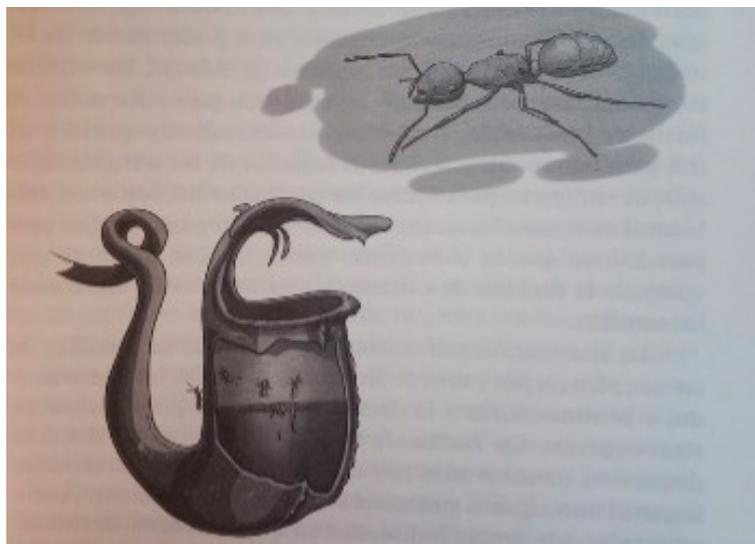


Figura 5. La relación entre las hormigas y la planta *Nepenthes*. Extraído del libro “Las hormigas” de José Manuel Vidal Cordero.

Por otro lado, las hormigas dispersan y protegen las semillas de otros depredadores o de incendios; las semillas se quedan resguardadas en su hormiguero hasta que las hormigas se comen su protuberancia carnosa rica en lípidos y después la llevan a los desechos, donde se convertirá en abono y a partir de ahí podrá crecer otra vez una nueva planta. (Hölldobler y Wilson, 1996)

Por otro lado, existen hormigas carroñeras, que se encargan de comer otros insectos que descomponen. Con esta forma de alimentación contribuyen en los ciclos de la materia. (Vidal, 2021)

Hay un gran nivel de organización entre las hormigas y el ecosistema y es que las hormigas están en un constante movimiento. Las hormigas son animales sociales y predominan frente a los individuales. Los insectos sociales controlan el centro del hábitat, es decir tienen más poder frente a un insecto individual gracias a la organización que pueden llegar a tener, mientras que los individuales como pueden ser los saltamontes, las cucarachas o los escarabajos son controlados y expulsados a los márgenes del ambiente, esto protege de plagas y de depredadores a otros seres. (Hölldobler & Wilson, 2014)

Por último, como todos habremos comprobado en alguna ocasión, las hormigas sacan arena y remueven la tierra cuando están haciendo el hormiguero. Esto ayuda a la porosidad de la tierra y la aireación de ella para que sea más rica en nutrientes y además acumulan materia orgánica que es aprovechado por las plantas ya que también es rico en nutrientes. (Vidal, 2021)

2.1.62 Hormigas como bioindicadoras en relación con los incendios.

Los incendios forestales son un tema prioritario dado el lamentable aumento de los mismos al que asistimos cada año como una de las consecuencias del cambio climático.

Las hormigas se ven muy condicionadas por los incendios debido a que las hormigas están relacionadas con la vegetación y el suelo. Las hormigas se ven afectadas por el pasto que haya y después de un incendio, toda vegetación queda destruida. (Jiménez, 2020)

Mediante la acción en masa y la división de trabajo, las colonias de hormigas controlan y cambian el ambiente a su gusto. (Hölldobler y Wilson, 1996: 229)

Según un estudio reciente del CSIC por Vidal et al., (2023), el fuego podría tener efectos positivos sobre las comunidades de hormigas y abejas, hay diferencias entre una zona afectada por un incendio y otra zona que no se haya quemado, y es que en las zonas quemadas hay mayor diversidad de hormigas, por lo que se forman nuevos nichos. Pasamos a analizar algunas de estas diferencias:

- Hay más especies diurnas y que aniden en el suelo, en vez de en árboles. Aunque hay que señalar que estos rasgos se van perdiendo a medida que pasa el tiempo transcurrido desde un incendio.
- Otra diferencia importante es que en zonas quemadas hay más especies con diferencias morfológicas, lo que se llama polimorfía.
- También aumentan las colonias con una sola reina, llamadas especies monogénicas. Esta última a diferencia de la anterior no depende del tiempo transcurrido desde un incendio. (CSIC, 2023)

Aunque hay rasgos que dependen del tiempo transcurrido, también hay rasgos que persisten como es el comportamiento dominante, el tamaño, ya que son hormigas más grandes tras el incendio, colonias más grandes, la dieta y cómo buscan el alimento. (Vidal-Cordero et al., 2023)

A continuación pasamos a analizar estas diferencias mediante las figuras 9 y 10.

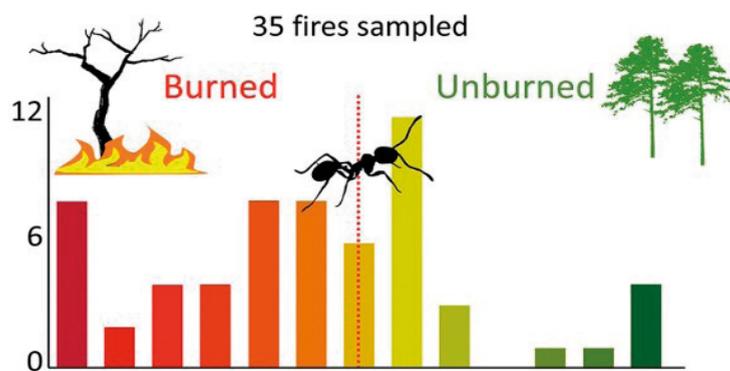


Figura 6. Diversidad taxonómica de hormigas respecto al tiempo tras un incendio. A la izquierda: tras un incendio, a la derecha: sin incendio. Extraído de Science of the Total Environment, 2023.

En esta figura se observan diferencias respecto a las distintas especies en relación a las zonas quemadas y no quemadas. En las zonas quemadas se observa mayor número de especies que en las no quemadas.

Después de la presencia de fuego hay más riqueza de especies y esta abundancia se mantiene así hasta que haya un próximo incendio o a decaer con el tiempo, ya que en una zona quemada están las especies que hayan sobrevivido al incendio y además nuevas especies que se sientan atraídas por los nuevos recursos que hay.

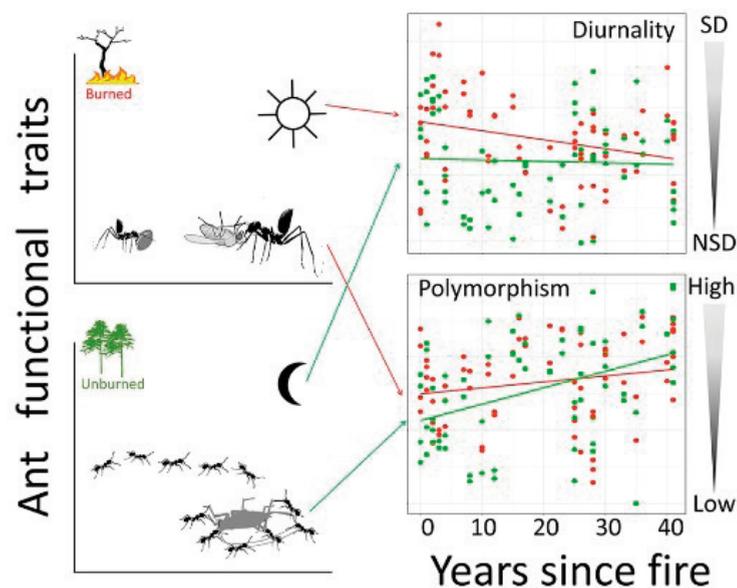


Figura 7. El comportamiento de las hormigas basándose en el polimorfismo y especies diurnas. Extraído de Science of the Total Environment, 2023.

Un incendio afecta a un cambio de estado en las hormigas que afecta a su muerte directamente o indirectamente como es el hecho de que cambia el entorno, lo modifica o que tengan que colonizar nuevas áreas no quemadas. Ya que como todos hemos podido comprobar un incendio modifica todas las características de esa zona y cambia por completo la flora y fauna. Por esta razón las hormigas intentan ajustarse a ese cambio, o bien muriendo o adaptándose a un nuevo medio, cambiando de rutinas y de alimentación.

Aunque un incendio afecta a todos los seres vivos que haya, las especies que estén bajo suelo tienen más probabilidad de sobrevivir ya que pueden aguantar temperaturas extremas, mientras que los que vivan en árboles o a poca distancia del suelo les matará con mayor probabilidad el fuego. (Vidal-Cordero et al., 2023)

En conclusión, dependiendo de dónde vivan y de qué se alimentan las hormigas tienen mayor probabilidad de

sobrevivir ante un incendio ya que las hormigas que viven bajo suelo tienen mayor probabilidad de sobrevivir que las que se desarrollan en el suelo. Al igual que las hormigas que se alimentan de granos tendrán que desplazarse por la escasez de plantas y las hormigas que se alimentan de otros seres vivos podrán quedarse en esa zona. Un incendio afecta en el comportamiento de las especies que habitan en esa zona, por ejemplo, las hormigas aumentan su tamaño, la dieta por la escasez de alimento y tal y como se ve en la figura 10 pueden cambiar a polimorfismo y a diurnidad, trabajando por el día y descansando por la noche.

2.1.63 Hormigas invasoras: la hormiga argentina

En un muestreo anómalo, tal y como se verá en el apartado de la experimentación, se detectó esta especie porque era la única especie que prefería el aceite, claramente se podía observar una actitud violenta hacia el resto de especies. Investigando encontré que era una especie invasora.

Linepithema humile, también conocida como hormiga argentina, es una especie invasora de origen sudamericano. Su presencia también es, consecuencia del cambio global y causante de fuertes pérdidas de la biodiversidad, ya que supone una amenaza para especies autóctonas. Esta especie está muy ligada no sólo al cambio climático sino a la presencia humana, ya que esta especie sobrevive con gran facilidad a las sequías por sus características hipogeas, es decir, se desarrollan bajo el suelo.

Con la introducción de estas hormigas existen otras especies afectadas positivamente y otras afectadas negativamente, ya que hay competiciones entre especies por distintas causas; puede ser una competencia por los recursos de un hábitat lo que llevaría a un solapamiento del nicho ecológico, o por competencia en el territorio.

Esa competencia entre especies puede llevar al desplazamiento de una de ellas, disminuyendo así el número de individuos de la colonia. Sin embargo, hay especies que no se ven afectadas negativamente por la presencia de la hormiga argentina ya que no existe relación entre ellas, por lo que aumentan su población con la presencia de *Linepithema humile*.

El efecto negativo en una especie se debe al comportamiento poco agresivo que tienen respecto a la hormiga argentina o por el uso del mismo recurso alimenticio. En la mayoría de los casos cuando se compara el comportamiento de diferentes

especies de hormigas respecto a la hormiga argentina, esta se presenta más agresiva que la otra especie, aumentando así las agresiones tanto químicas como físicas tal y como se observa en la Figura 11, esta figura se comentará más en detalle en los resultados, cuando se explique lo sucedido en el muestreo donde se identificó *Linepithema humile*. (Trigos, 2015)

EFEECTO	ESPECIES
POSITIVO	<i>M. aloba</i> <i>C. scutellaris</i> <i>P. pygmaea</i> <i>Solenopsis sp.</i> <i>P. schmitzii</i>
NEGATIVO	<i>L. grandis</i> <i>P. pallidula</i> <i>T. nigerrimum</i> <i>C. mauritanica</i> <i>A. gibbosa</i> <i>H. eduardi</i> <i>F. cunicularia</i> <i>A. ibérica</i> <i>C. barbaricus</i>
SIN EFECTO APARENTE	<i>T. caespitum</i> <i>T. semilaeve</i> <i>A. senilis</i> <i>M. monomorium</i> <i>T. erraticum</i> <i>M. barbarous</i> <i>C. micans</i> <i>C. auberti</i> <i>T. forte</i>

Figura 8. Efectos sobre distintas especies con la presencia de *Linepithema humile*. Extraído de “Role of Urban Green Spaces in Global Strategies of Conservation Using Ants as Bioindicators”.

La presencia de *Linepithema humile* no solo afecta a otras especies de hormigas. También tienen efectos negativos en vertebrados como es el caso de *Phrynosoma platyrhinos* y de aves como *Junco hyemalis* que reducen el éxito reproductivo cuando la hormiga argentina se encuentra en su ecosistema. (Ministerio de medioambiente, 2013)

La presencia de distintas especies está relacionada con los recursos que ofrece un hábitat, por lo que hay una convivencia entre esas especies del ecosistema. Esas competencias que se producen entre las especies del nicho ecológico influyen por tanto en los recursos del hábitat algo importante ante la presencia de especies invasoras. (Trigos, 2015)

La aparición de la hormiga argentina implica consecuencias como la desaparición de hormigas dispersantes de semillas y en los procesos de polinización de algunas plantas del ecosistema. (Ministerio de medioambiente, 2013)

Una especie llega a tener gran poder invasivo por características como:

- La capacidad que tiene una reina de producir gran número de reproductores.
- El dominio que tienen sobre los recursos gracias a la cantidad de obreras ya que presentan una rápida reproducción y varias reinas en una colonia.
- La defensa ante depredadores, ya que tienen alto nivel de agresividad con otras especies pero bajo nivel de agresividad con su especie.

Las hormigas argentinas se organizan en colonias poligónicas, es decir con varias reinas en un mismo hormiguero. Sus nidos están interconectados y esa característica les favorece a la hora de invadir nuevos territorios y competir más eficientemente con respecto a las hormigas nativas.

Normalmente las hormigas crean un patrón para maximizar la explotación del terreno y así encontrar antes el alimento, como se indica en la siguiente figura. Sin embargo, en el caso de la hormiga argentina maximizan la distancia que hay entre los nidos, es decir reducen la competición entre las colonias, utilizando la división del espacio.

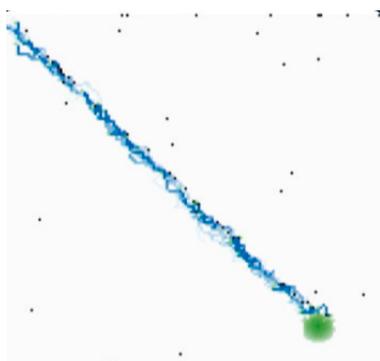


Figura 9. Simulación de los patrones de optimización de las hormigas en busca de alimento, Extraído de “Hormigas” RTVE, 2023.

Las hormigas argentinas encuentran el alimento más rápido y reclutando mayor número de hormigas, desplazando así al resto de especies nativas a través de agresiones. (Trigos, 2015)

Actualmente estas hormigas argentinas han creado una supercolonia de más de 6.000 kilómetros de longitud que se extiende desde Portugal hasta Italia. (Rebecca Dzombak, 2023)

Como ya se ha dicho al principio de este apartado, la presencia de la hormiga invasora pone en riesgo a la polinización y dispersión de semillas, el ciclo sexual de algunos vertebrados y a otras especies de hormigas obligándolas a desplazarse, por lo que la presencia de una supercolonia de más de 6.000 kilómetros implica grandes cambios en varios ecosistemas.

3. HIPÓTESIS

Comprobar que las hormigas muestran preferencias alimentarias dependiendo de diferentes variables.

4. OBJETIVOS

Generales:

- Conocer la biología de las hormigas.
- Identificar las razones de la importancia de las hormigas.

Específicos:

- Realizar experimentalmente un hormiguero artificial a partir de larvas adquiridas de una tienda especializada.
- Estudiar el comportamiento de las hormigas en un hormiguero artificial.
- Establecer si existen diferencias de preferencias entre hormigas en su medio natural frente hormigas criadas en un hormiguero artificial.
- Observar si existen diferencias entre las poblaciones de hormigas que habitan una zona tras un incendio y las que están presentes en una zona que no se haya quemado.
- Averiguar las preferencias alimentarias de colonias de hormigas en diferentes localizaciones.

5. METODOLOGÍA

Para realizar este proyecto se estructuró el trabajo de la siguiente forma:

- Revisión bibliográfica sobre la biología de las hormigas y en concreto su alimentación.
- Asistencia a una conferencia del CSIC con el entomólogo José Manuel Vidal Cordero, con el que además se mantuvo el contacto por correo electrónico.
- Diseño del experimento tomando como base el protocolo realizado por el equipo de Magdalena Sorger (Universidad de Carolina del Norte, *AntPicnic*)
- Análisis y discusión de los resultados obtenidos.
- Realizar conclusiones a través de los experimentos realizados.

6. CRÍA DE HORMIGAS EN CAUTIVIDAD

En cuanto a las hormigas criadas en cautividad, se adoptaron hormigas de la especie *Messor barbarus* y se realizó una compra de un hormiguero pequeño junto con granos de alpiste y aguamiel, alimentos esenciales para un buen desarrollo de la colonia. Se les alimentaba y se les echaba agua una vez a la semana y además se les puso un trapo por encima para tapan el exceso de luz. En las figuras 13 y 14 se puede ver el hormiguero completo con su zona de forrajeo y su parte de nido.



Figura 10 y 11: El hormiguero acrílico Hori-Acri de marca AnthHouse con hormigas de la especie *Messor barbarus*. En la imagen ampliada se puede ver con más detalle la reina y algunas de las hormigas llevando una pupa.

7. EXPERIMENTACIÓN

La parte experimental se ha dividido en tres apartados. En el primero se realizó el estudio del comportamiento de las hormigas en cautividad y en el segundo se realizó un estudio equivalente con hormigas en su medio natural. Estos dos apartados, relacionados con la hipótesis del trabajo.

En el tercer bloque y en relación con el cuarto objetivo específico se hizo un experimento para verificar el efecto de los incendios sobre las hormigas tal y como se ha descrito en la biografía, Science of the Total Environment (Vidal, 2023). Este último apartado trata un tema de creciente interés dado el incremento de los incendios en consecuencia del cambio climático.

Para el experimento se prepararán en total seis muestras con distintos tipos de alimento que se han seleccionado ya que atienden a los diferentes grupos de alimentos. Tal y como se observa en la figura 16.

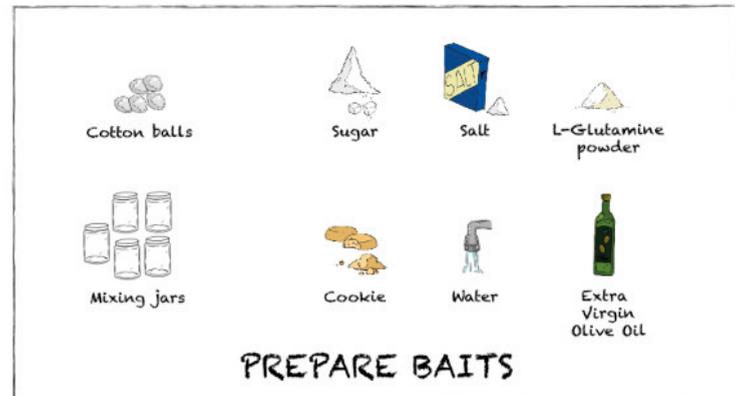


Figura 12. Alimentos utilizados para el experimento.

Fuente: *AntPicnic*.

El protocolo del experimento se realizó de la siguiente forma:

1. En seis pequeñas tarjetas se pusieron los alimentos que se fueron a utilizar y que representa grupos importantes de nutrientes; galleta de mantequilla, aminoácido, azúcar, aceite, sal y agua.
2. En cinco botes se prepararon las muestras: en el primero aceite de oliva, en el segundo se añadirán 50g de glutamina en polvo en 250ml de agua. En el tercer bote se echarán 50g de azúcar en 250ml de agua, en el cuarto 2,5g de sal en 250ml de agua y en el último se pondrá agua.
3. A continuación se mojarán cinco piezas de algodón en cada uno de los botes y se pondrá cada algodón ya mojado en la correspondiente tarjeta.
4. Después se machaca la galleta de mantequilla y la ponemos en su tarjeta.
5. A continuación se buscará un hormiguero donde se podrán poner las tarjetas con las muestras y se anotará la temperatura, el tiempo y factores que puedan distraer a las hormigas.
6. Se esperará una hora lejos de las hormigas para evitar que se asusten y no vayan a las muestras.
7. Se contarán cuántas hormigas hay en cada tarjeta, después se hará una foto a cada tarjeta con las hor-

migas y se volverá a contar metiendo cada tarjeta en una bolsa para asegurarse de que no había ninguna hormiga escondida.

- Y por último, se realizarán las identificaciones taxonómicas de las especies de hormigas capturadas, basándose en esta guía incluida en el protocolo anteriormente mencionado que se puede observar en la siguiente figura.

de orina con 1ml de detergente en 100ml de agua, en este caso se empleó jabón de la marca Fairy. Los botes se colocarán a ras de suelo, fuera del alcance de personas y de animales que puedan romper el bote. Se colocarán en una fila y estarán durante 48 horas seguidas en el sitio. Cuando hayan pasado las 48 horas se capturarán los animales que hayan caído en la trampa y en especial las hormigas y se identificará la especie.

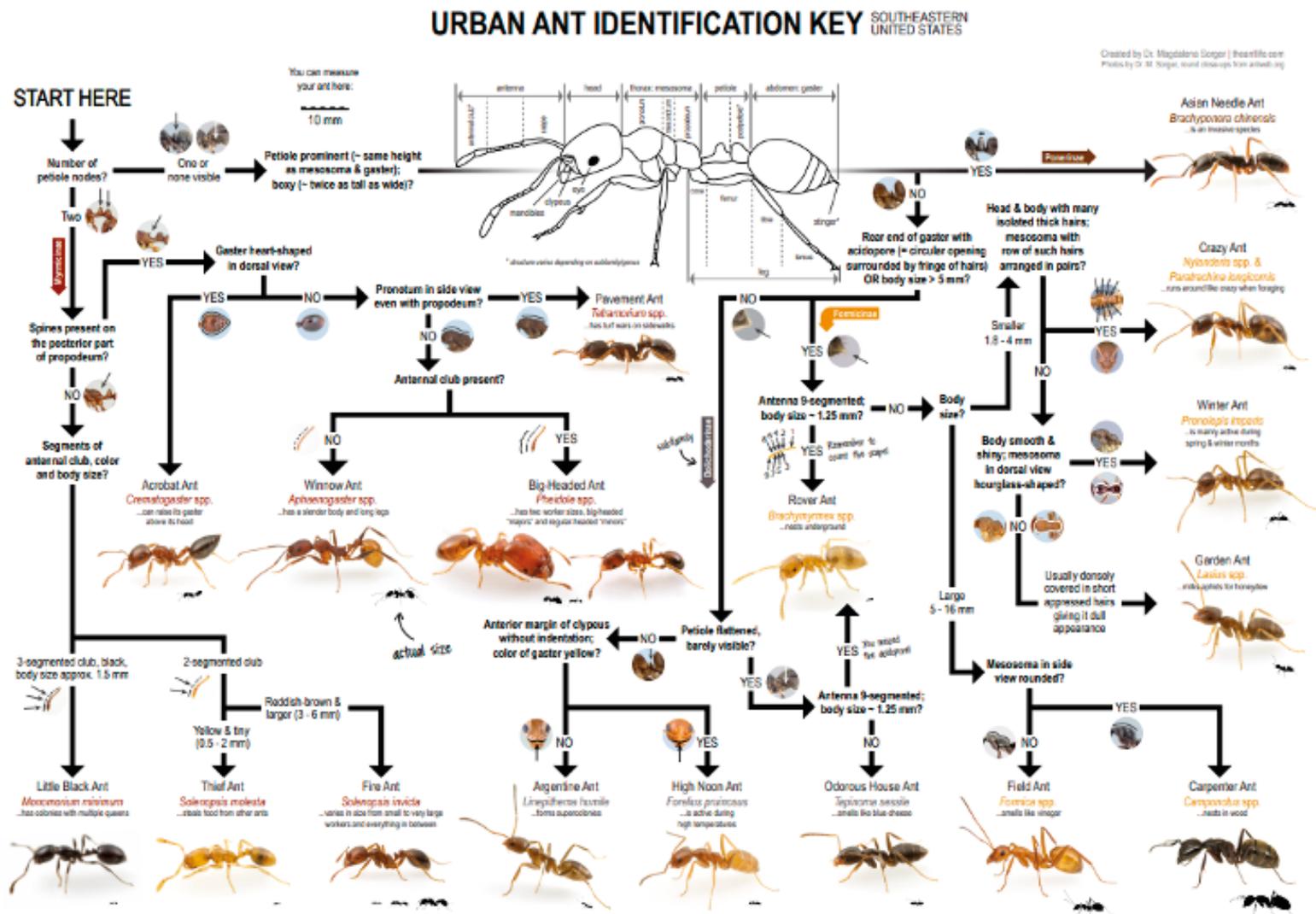


Figura 13. Guía para reconocimiento de hormigas. Fuente: *AntPicnic*.

Para identificar qué especies de hormigas hay en la zona nos basaremos en el artículo de Science of the Total Environment (Vidal-Cordero et al., 2023). Pondremos unas trampas "Pitfall", que consisten en unos botes para análisis

Respecto a la zona de muestreo, se llevó a cabo en las siguientes localizaciones: en el pueblo de Honcalada, situado en la provincia de Valladolid y en la dehesa de la sierra de Guadarrama, en Madrid.

A. Experimento con las hormigas criadas en cautividad.

El experimento con las hormigas en cautividad se realizó de una forma parecida a las hormigas en libertad: se prepararon los cebos de la misma manera y se colocaron en trozos de tarjetas dentro del hormiguero, concretamente en la zona de forrajeo que es la parte del hormiguero donde se les echa el alimento. No se las molestó durante la hora de experimento al igual que a las hormigas en libertad.

Muestreo 1: Especie: *Messor barbarus*. Temperatura: 22°C, fecha: 28/08, hora: 13:10-14:10, tiempo de asistencia: 2 horas.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	0	1	0	0	0	

Número de hormigas

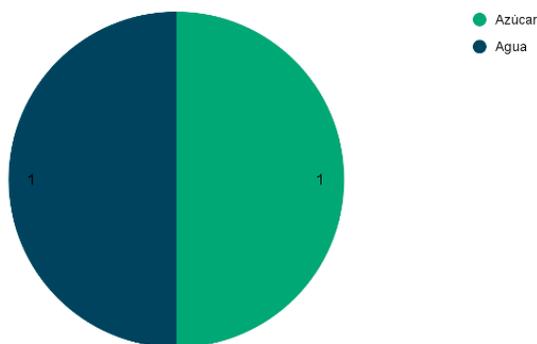


Figura 14: Experimento 1 (elaboración propia)

Muestreo 2: Especie: *Messor barbarus*, temperatura: 22°C, fecha: 29/08, hora: 12:00-13:00, tiempo de asistencia: 2 horas.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	0	1	0	0	0	0

Número de hormigas

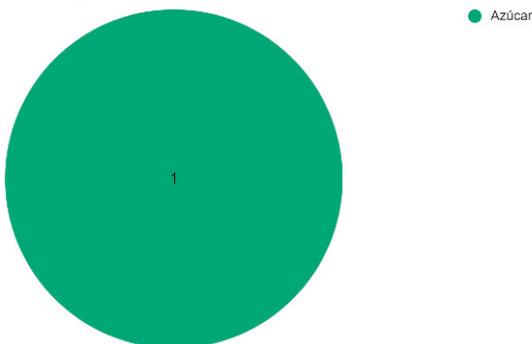


Figura 15: Experimento 2 (elaboración propia)



Figura 16. Hormiga en el cebo de azúcar. (elaboración propia)

Muestreo 3: Especie: *Messor barbarus*, temperatura: 24°C, fecha: 30/08, hora: 17:00-18:00, tiempo de asistencia: 2 horas.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	1	2	0	0	0	1

Número de hormigas

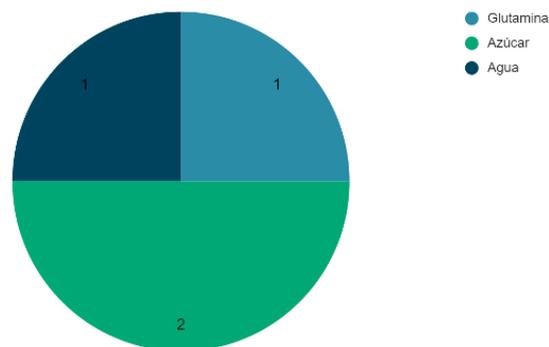


Figura 17: Experimento 3 (elaboración propia)

En resumen, como puede observarse, en los muestreos con hormigas en cautividad se observa que el cebo más elegido fue el azúcar y los menos elegidos fueron galleta, sal y aceite.

B. Experimento con hormigas en libertad.

Este apartado de experimentos con hormigas en su medio natural se realizó en las dehesas de las localidades de Guadarrama y en la estepa de Honcalada, provincia de Valladolid.

a. Experimentos realizados en Guadarrama, Madrid (hábitat: dehesa)

Muestreo 1: Especie: *Messor barbarus*, temperatura: 32°C, fecha: 01/07/2023, hora: 18:10-19:10, tiempo: un poco nublado pero sin viento.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	14	40	6	60	0	12

Número de hormigas

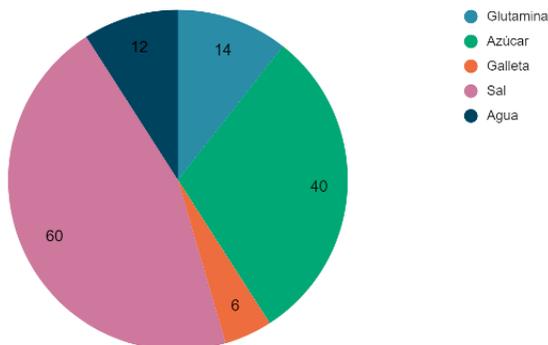


Figura 18: Experimento 1 (elaboración propia)



Figura 19. Experimento 1. (Elaboración propia)

Muestreo 2: Especie: *Messor barbarus*, temperatura: 34°C, fecha: 01/07/2023, hora: 18:30, tiempo: un poco nublado sin viento.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	4	40	16	21	2	5

Número de hormigas

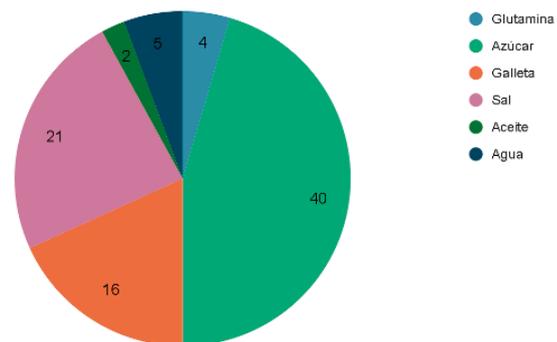


Figura 20: Experimento 2 (elaboración propia)



Figura 21. Experimento 2. (elaboración propia)

Muestreo 3: Especie: *Linepithema humile*, vulgarmente llamada hormiga argentina. Temperatura: 34°C, fecha: 01/07/2023, hora: 18:40, tiempo: un poco nublado y sin viento.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	0	0	0	0	40	0

Número de hormigas

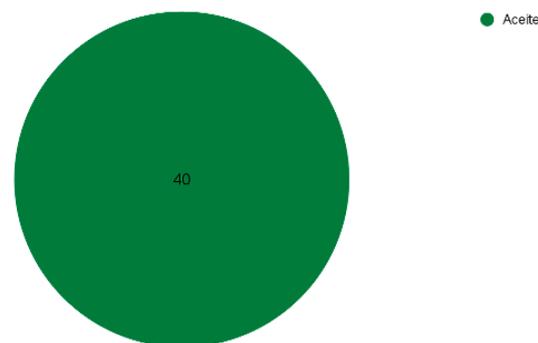


Figura 22: Experimento 3 (elaboración propia)

40 hormigas eligieron el aceite y 0 hormigas eligieron el resto de alimentos. Este muestreo resultó bastante anómalo, primero por la especie encontrada que no había sido identificada anteriormente y segundo por la preferencia por un único cebo, el aceite. Investigando se encontró que era una especie invasora, como se ha explicado en el apartado correspondiente. Además la especie más común identificada en los muestreos, *Messor barbarus* se muestra en la figura 11, en la página 31 “sin efecto aparente”. Este dato es curioso, pues en nuestra experimentación el día que se identificó la especie *L. humile* desplazó totalmente a *M. barbarus* no encontrándose ningún ejemplar en dicho muestreo.



Figura 23.
Linepithema humile en el cebo de aceite. (elaboración propia)

Muestreo 4: No se pudo tener en cuenta ya que el cebo que tenía azúcar desapareció.

Muestreo 5: Especie: *Camponotus pennsylvanicus*, temperatura: 30°C, fecha: 09/09, hora: 11:56, tiempo: sol y un poco de viento.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	2	5	1	2	2	1

Número de hormigas

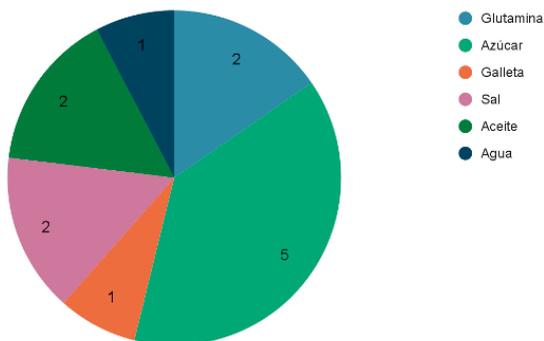


Figura 24: Experimento 5 (elaboración propia)

En conclusión, como puede observarse, en los muestreos de la localidad de Guadarrama se observa que el cebo más elegido fue el azúcar y el menos elegido fue el agua.

b. Experimentos realizados en Honcalada, Valladolid (hábitat: estepa)

Muestreo 6: Especie: *Monomorium minimum*. No se puede tener en cuenta ya que no se midió la temperatura.

Muestreo 7: Especie: *Messor barbarus*, temperatura: 21°C, fecha: 01/05/2023, hora: 13:20, tiempo: soleado y sin viento.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	4	9	11	0	0	2

Número de hormigas

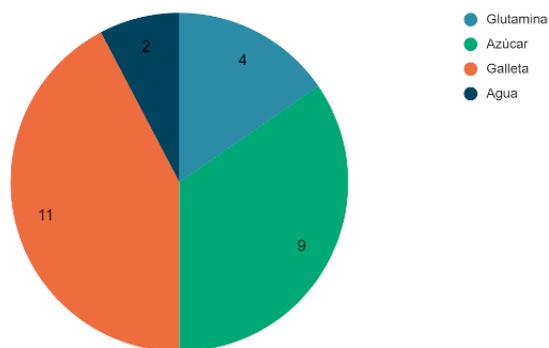


Figura 25: Experimento 7 (elaboración propia)

Muestreo 8: Especie: *Messor barbarus*, temperatura: 34°C, fecha: 30/07/2023, hora: 20:04, tiempo: soleado y sin viento.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	9	7	23	1	3	2

Número de hormigas

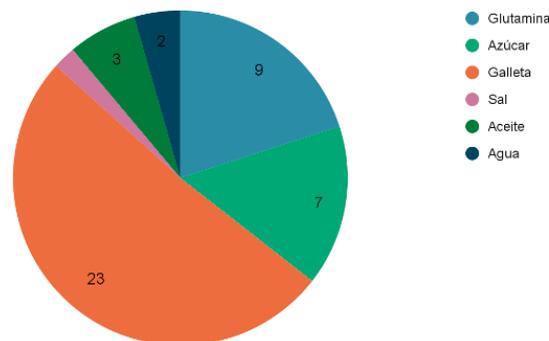


Figura 26: Experimento 8 (elaboración propia)



Figura 27. Experimento 8. (elaboración propia)

Muestreo 9: Especie: *Messor barbarus*, temperatura: 33°C, fecha: 23/08/2023, hora: 20:00, tiempo: soleado sin viento.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	2	12	8	4	0	4

Número de hormigas

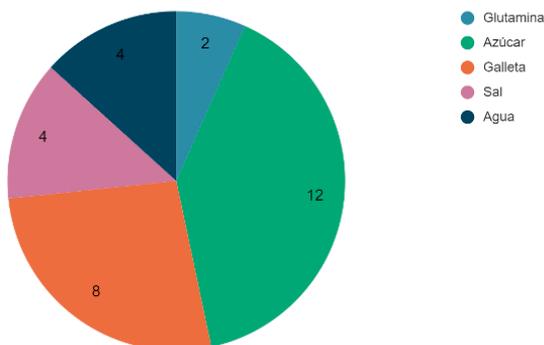


Figura 28: Experimento 9 (elaboración propia)



Figura 29. Experimento 9. (Elaboración propia)

Muestreo 10: Especie: *Linepithema humile*, temperatura: 33°C, fecha: 23/08, hora: 20:20, tiempo: soleado sin viento.

Cebos	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua
Número de hormigas	0	10	11	1	50	0

Número de hormigas

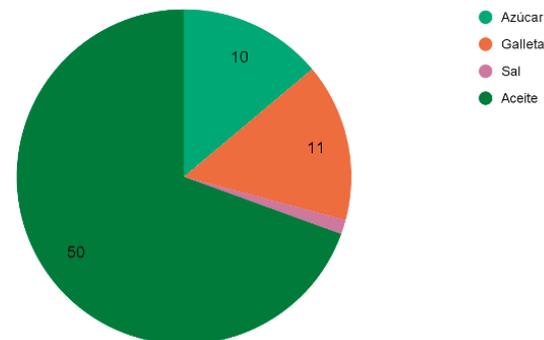


Figura 30: Experimento 10 (elaboración propia)



Figura 31. Experimento 10.

En conclusión, en los experimentos de la localidad de Honcalada cabe destacar la preferencia por la galleta y el aceite y el rechazo de la sal.

C. Experimento para la comprobación de las diferencias de las poblaciones de hormigas tras un incendio.

Este experimento está basado en Science of the Total Environment (Vidal-Cordero, J.M., 2023) sobre el efecto del fuego en artrópodos como las hormigas. Se realizaron los experimentos con el objetivo de estudiar si había diferencias se realizaron los experimentos en la zona de Collado Mediano que se quemó hace dos años y en la parte no quemada de Collado Mediano.



Figuras 32 y 33. A la izquierda la colocación de las trampas seguidas y a la derecha a detalle la trampa con hormigas dentro. (Elaboración propia)



Figura 34 y 35. Trampa vista desde arriba en la parte quemada de Collado Mediano. (Elaboración propia)

Las conclusiones de esta experimentación fueron las siguientes: En ambos sitios cayeron las mismas especies; *Camponotus pennsylvanicus*.

Diferencias observadas:

- En la zona no quemada había más abundancia de hormigas. Como se puede ver en las siguientes fotografías la figura de la izquierda tiene más hormigas que el bote de la izquierda que casi no se aprecia el número de hormigas.



Figura 36 y 37: A la izquierda bote con hormigas de la zona no quemada y a la derecha bote con hormigas de la zona quemada.

- Y en la zona quemada había mucha menos cantidad. Como se ha podido observar en las figuras anteriores.
- Además en la zona quemada cayeron otros insectos, en concreto *Musca domestica*, que es la mosca común.
- Otra diferencia a marcar es la diferencia de tamaño, es decir polimorfismo ya que las hormigas en la zona no quemada eran el doble de grandes, aún siendo la misma especie frente a las que estaban en la zona quemada. Esta diferencia se puede observar en las figuras 38 y 39.



Figura 38 y 39: A la izquierda hormiga de la zona no quemada y a la derecha hormiga de la zona quemada.

8. ANÁLISIS DE DATOS

Para demostrar la hipótesis del trabajo se ha llevado a cabo la prueba de la Chi cuadrado.

La chi cuadrado es una prueba de ajuste a la hipótesis que consiste en relacionar dos variables y determinar si son independientes o no a través de unos valores de los parámetros. La chi cuadrado compara una tabla de frecuencias obtenidas en la experimentación y otra con las frecuencias esperadas.

$$\sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \approx \chi^2$$

Figura 40: estudio de la chi cuadrado. Extraído de UCM, (s.f.).

Donde O_i son las frecuencias obtenidas de los experimento y E_i son las frecuencias esperadas si las dos variables fuesen independientes.

La chi cuadrado busca aceptar o rechazar una hipótesis nula y afirmar una hipótesis alternativa.

Para calcular la chi cuadrado se debe calcular el valor crítico con un margen de error del 5% y si el valor crítico es mayor que la chi cuadrado entonces se acepta la hipótesis nula.

En este experimento la hipótesis nula es la preferencia alimentaria de las hormigas no está relacionada con estar en cautividad o en libertad y la hipótesis alternativa: sí hay relación entre la preferencia alimentaria y la condición de vida en cautividad y en libertad. En este caso, se puede observar que el valor de la chi cuadrado es mayor que el valor crítico por lo que las dos variables sí que guardan relación. (UCM, (s.f.))

Datos:

	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua	Total
Cautividad	1	4	0	0	0	2	7
Libertad	35	123	76	89	97	26	446
Total	36	127	76	89	97	28	453

¿Está relacionada la preferencia alimentaria con ser hormigas en cautividad o en libertad?

Frecuencia %:

	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua	Total
Cautividad	3%	3%	0%	0%	0%	7%	2%
Libertad	97%	97%	100%	100%	100%	93%	98%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Valores esperados:

	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua	Total
Cautividad	0,55629139	1,96247241	1,17439294	1,37527594	1,49889625	0,43267108	7
Libertad	35,4437086	125,037528	74,8256071	87,6247241	95,5011038	27,5673289	446
Total	36	127	76	89	97	28	453

Calculo chi cuadrado:

	Glutamina	Azúcar	Galleta	Sal	Aceite	Agua	Total
Cautividad	0,35391044	2,11545328	1,17439294	1,37527594	1,49889625	5,67756904	
Libertad	0,00555465	0,03320218	0,01843218	0,02158505	0,02352528	0,08910983	
Total							12,386907

PRUEBA DE HIPÓTESIS:

χ^2 : 121,386907

Valor crítico:

$gl = (r-1)(c-1) = 5$
 $\alpha = 5\%$
 11,0704977

12,386907 > 11,0704977

Chi cuadrado > Valor crítico

Afirmamos la hipótesis ya que hay relación entre la preferencia alimentaria de las hormigas en cautividad y hormigas en libertad

Coefficiente de Cramer: 5,69696982

Según se observa, rechazamos la hipótesis nula ya que sí que guardan relación como se puede observar ya que el valor de la prueba de chi cuadrado es mayor que el valor crítico. Además se puede observar que en ambos casos las hormigas en cautividad y en libertad han ido al cebo de azúcar, siendo el más elegido de todos y el cebo menos elegido ha sido el agua en ambos casos.

Además de la chi cuadrado se va a realizar una comparación con las preferencias alimentarias por países con datos extraídos de la base de datos CODAP del proyecto anteriormente mencionado *AntPicnic*. Se seleccionaron los países con más datos, con un clima distinto a España o países cerca de España, como es el caso de Italia y República

Checa como se verá en el siguiente apartado. España no se ha podido escoger ya que no había suficientes datos.

A. Preferencias alimentarias de las hormigas por países

Como ya se ha explicado en este apartado se van a comparar las preferencias alimentarias dependiendo de distintos países. Estos datos se han obtenido de CODAP, una base de datos del proyecto de ciencia ciudadana, *AntPicnic*. A partir de estos datos se han podido realizar las siguientes gráficas.

República Checa

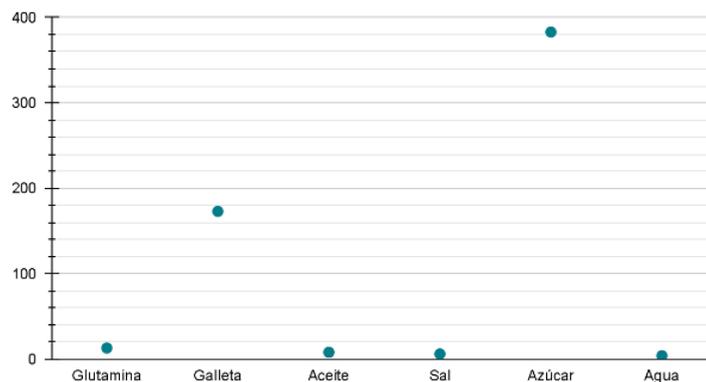


Figura 41: Preferencias alimentarias de República Checa.

En República Checa se puede destacar la elección drástica del azúcar frente al resto de cebos y el menos elegido el agua al igual que en las anteriores gráficas.

Camboya

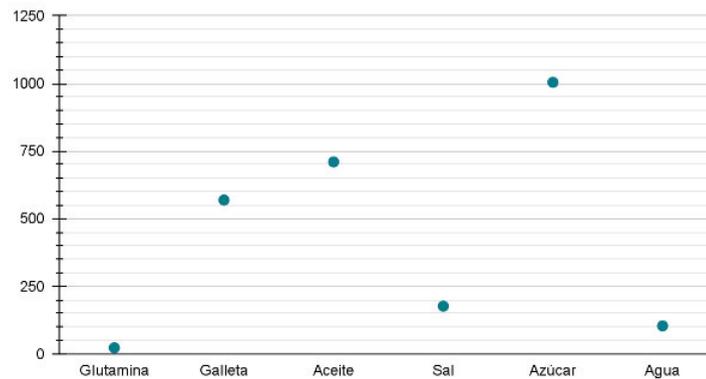


Figura 42: Preferencias alimentarias de Camboya.

En Camboya optan por la elección del azúcar y a diferencia del resto de países ya mencionados, rechazan la glutamina.

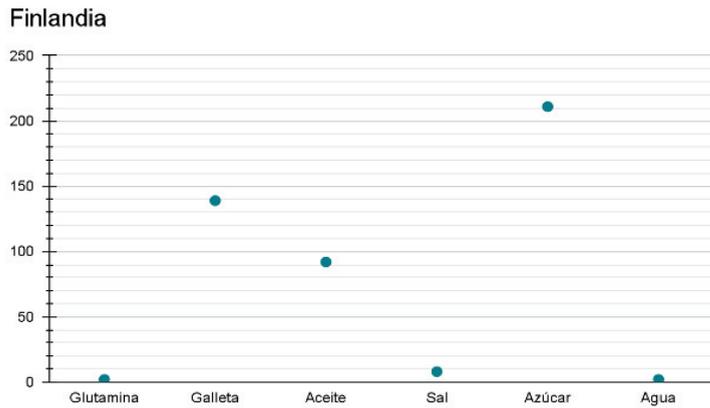


Figura 43: Preferencias alimentarias de Finlandia.

En esta gráfica de Finlandia las hormigas se inclinan hacia el azúcar al igual que en España y República Checa entre otros. Y rechazan los alimentos de glutamina y agua.

9. CONCLUSIONES

- En cuanto a la hipótesis de este trabajo, la chi cuadrado nos permite afirmar que existe relación entre las preferencias alimentarias de las hormigas según su forma de vida en cautividad o en su medio natural.
- Concretamente el cebo más elegido en las experimentaciones ha sido el azúcar, coincidiendo con otros países como República Checa, Camboya y Finlandia, donde el azúcar es también el alimento más elegido. Resultaría interesante profundizar sobre los factores que afectan a estas diferencias pero no se ha podido realizar por falta de tiempo. Destacamos también que en la localidad de Honcalada el cebo más escogido fue la galleta a diferencia del muestreo de Guadarrama o el de hormigas en cautividad, que fue azúcar como se ha explicado anteriormente. Por contra, el experimento menos elegido en Guadarrama fue el agua que a diferencia del muestreo en Honcalada fue la sal.
- Por otro lado, se ha podido comprobar experimentalmente la rapidez con la que acudían al cebo porque las hormigas en cautividad tardaron una media de 2 horas en ir hacia el cebo mientras que las que están en libertad fueron muy rápidamente al cebo.
- Con respecto a la especie *Linepithema humile*, también he podido comprobar una diferencia en relación a la preferencia por el cebo y a su comportamiento: mientras que el resto de las hormigas evitan el aceite, la mayoría

de las hormigas argentinas acuden al aceite. Además se muestran claramente más agresivas, confirmando el artículo de la Universidad de Córdoba, Role of Urban Green Spaces in Global Strategies of Conservation Using Ants as Bioindicators por Trigos Peral, G. (2015).

- En cuanto a las diferencias de población de hormigas después de un incendio, podemos destacar unos resultados distintos a Science of the Total Environment (Vidal, 2023). En este caso, las hormigas de la zona incendiada eran más pequeñas y cayeron menos en los experimentos, sin embargo en el marco teórico hemos resaltado que sería al revés y que las hormigas de la zona quemada son más grandes y deberían caer un mayor número.

10. DIFICULTADES ENCONTRADAS

Una de las primeras complicaciones a resaltar en los experimentos es la desaparición de cebos por viento o por otros animales. A esto se le sumó la época de caza en verano por lo que tuve que disminuir la cantidad de experimentos y realizarlos en menos días, al haber caza los martes, jueves, sábados y domingos.

Otra dificultad fue que determinados muestreos no pudieron tenerse en cuenta. Una de las razones fue que la experimentación tenía que realizarse en verano y coincidió en tiempo con algunas decisiones que se tomaron después sobre la toma de muestras, coincidiendo con un mayor conocimiento del tema según avanzaba la investigación bibliográfica.

Y por último, las hormigas son animales muy sensibles y se estresan con la presencia de los humanos por lo que en el caso de las hormigas en libertad era necesario desplazarse lejos de la zona de muestreo porque se asustaban y se refugiaban. En el caso de las hormigas en cautividad también mostraron este comportamiento por lo que resultó muy difícil que fuesen a por los cebos. Además con la bajada de las temperaturas las hormigas se resguardan y no se pueden hacer experimentos.

11. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Experimentar con cebos distintos. Ya que los experimentos se han basado en la investigación de AntPicnic se han utilizado los mismos cebos porque cada cebo pertenece a cada

grupo alimenticio, pero se podrían utilizar otros alimentos que estén dentro de los mismos grupos alimenticios.

- Realizar la experimentación en otras localizaciones o hábitats y profundizar en los resultados obtenidos en los distintos países. Según las investigaciones del equipo de Magdalena Sorger, las hormigas prefieren el tipo de alimento que falta en el hábitat, por lo que investigando en otro tipo de hábitat con temperaturas e incluso con especies distintas puede dar otros resultados distintos.
- Investigar la presencia de la hormiga argentina en otros ecosistemas y cómo afecta a otras especies. Estudiar más en profundidad el comportamiento que tienen otras hormigas con la presencia de esta especie ya que por falta de tiempo no se ha podido investigar más.
- Realizar una investigación similar con otros animales. Se podría hacer un experimento similar con otros insectos aunque no sean eusociales e incluso con algún vertebrado.
- Estudiar la influencia del fuego en otros animales como pueden ser las abejas. Al igual que existen las trampas Pitfall para hormigas existen trampas Moericke para abejas. Además se ha podido ver que tanto las hormigas como las abejas, ambos insectos pertenecientes al orden de los himenópteros, podrían estar beneficiadas por un incendio y servir como indicadores de la calidad del medioambiente.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Hölldobler, B & Wilson, E (1996). Viaje a las hormigas: una historia de exploración científica. Harvard University Press.
2. Hölldobler, B & Wilson, E (2014). El superorganismo. Katz editores.
3. Maeterlinck, M.(1967). La vida de las hormigas. Espasa-Calpe.
4. Moffett, M. (2011). Adventures among Ants: A Global Safari with a Cast of Trillions. University of California Press.
5. Vidal-Cordero, J.M. (2021). Las hormigas. CSIC.
6. Wheeler, W. M.(1911). The ant-colony as an organism. Journal of Morphology.
7. CSIC. (2023, 6 junio). El fuego podría tener efectos positivos sobre las comunidades de hormigas y abejas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/el-fuego-podria-tener-efectos-positivos-sobre-las-comunidades-de-hormigas-y> (última consulta 27-09-2023).
8. Erwin, T.L. (1989) "Canopy arthropod biodiversity: a chronology of sampling techniques and results". Revista Peruana de Entomología, Vol(32).
9. Khan Academy (s.f.). Comunicación en los animales.Khan Academy <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/ecology-ap/responses-to-the-environment/a/animal-communication> última consulta 03/07/2023.
10. Vidal-Cordero, J.M., Angulo, E., Molina, F.P., Boulay,R., y Cerdá, X. (2023). Long-term recovery of Mediterranean ant and bee communities after fire in southern Spain. Science of The Total Environment, 887, 164132. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723027535>.
11. Vidal-Cordero, JM. (9 de febrero de 2023). Las Hormigas [Conferencia]. Conferencia del CSIC, Madrid.
12. Jiménez, F. Las hormigas como bioindicadoras de calidad ambiental en el marco de la gestión de los recursos naturales en el sur de la península ibérica. (2020).[Tesis doctoral]. Universidad de Córdoba.
13. Trigos Peral, G. (2015). Role of Urban Green Spaces in Global Strategies of Conservation Using Ants as Bioindicators. [Tesis doctoral] Universidad de Córdoba.
14. Ministerio de medioambiente (2013) catálogo español de especies exóticas invasoras. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/Linepithema_humile_2013_tcm30-69888
15. Universidad Complutense de Madrid [UCM], (s.f.). <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-54183/APUNTES%20ESTAD%C3%8DSTICA%203> Última consulta 12/12/2023
16. BBC News Mundo. (2014, 22 septiembre). ¿Pesan todas las hormigas juntas más que toda la humanidad? BBC News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/09/140922_hormigas_peso_humanos_az última consulta 07/07/2023.
17. Rebecca Dzombak. (2023). Se han encontrado más de 500 especies de hormigas en lugares donde no deberían estar, causando estragos en los ecosistemas locales. ¿Cómo podemos hacer para detenerlas? National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/animales/2023/01/las-hormigas-invasoras-son-una-amenaza-mayor-de-lo-que-pensabamos>
18. Redacción National Geographic. (2023). Hormigas: datos e información básica. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/animales/hormiga> última consulta 05-06-2023.
19. Rodríguez, H. (2023). Estas plantas convierten a las hormigas en sus esclavas. https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/estas-plantas-convierten-a-las-hormigas-en-sus-esclavas_13459 última consulta 02/07/2023.
20. Sorger, M., Polmanteer, R & Bedell, K (s.f.). AntPicnic. The Public Science Lab. Citizen Science with Students Discover - the ant life última consulta 28/09/2023.
21. RTVE. (14 de Noviembre de 2023) Hormigas [Serie de TV], Órbita Laika. <https://www.rtve.es/play/videos/orbita-laika/hormigas/6998083/>

Cuéntamelo con Música.

Cuéntamelo sin Música.

**Metodología para la literatura medieval por medio del rap
en tercero de la ESO.**

Ana Berrocal Camacho

Tutora: Ana G. Sáenz-Messía Iriarte

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora Ana, por haber aceptado llevarme este proyecto, por toda la ayuda que me ha proporcionado y todo lo que se ha involucrado para que pueda salir adelante.

A Enrique, mi tutor inicial del proyecto, por orientarme hasta llegar a una idea parecida a la que he desarrollado en este trabajo y por su entrega y su paciencia después de tantos cambios.

Además, a mi familia, en especial a mis padres y a mi hermano por confiar en mí cuando ni yo misma lo hacía y por apoyarme en todas las decisiones, en los malos momentos de agobio y ayudarme en todo lo posible.

A mis compañeros de clase y amigos, por comprenderme, ya que estábamos en la misma situación, consolarme cuando había momentos malos y aportarme facilidades para poder resolverlos.

Y, por último, al resto de profesores del IES Guadarrama por su paciencia y dedicación.

ÍNDICE:

AGRADECIMIENTOS	64
1. RESUMEN	66
2. INTRODUCCIÓN	66
2.1. Justificación	66
2.2. Hipótesis	66
2.3. Objetivos	67
3. METODOLOGÍA	67
4. MARCO TEÓRICO	67
4.1. Pedagogía activa y aprendizaje competencial	68
4.2. Teoría del aprendizaje significativo de david ausubel	68
4.3. Teoría del aprendizaje cooperativo	69
4.4. Tipos de motivación según frederick irving herzberg	69
4.5. Taxonomía de bloom	70
4.6. Evolución de la relación entre literatura y música a lo largo de la historia	71
4.7. La música en el aula	72
5. ANÁLISIS DE DATOS	73
5.1. Clase “metodología tradicional”	74
5.2. Clase “situación de aprendizaje”	75
6. CONCLUSIONES	77
7. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	78
7.1. Limitaciones y márgenes de error	79
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	80

1. RESUMEN

Es por todos conocida la mala prensa que, en ocasiones, tienen los contenidos de Literatura entre los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria (ESO); para los que, generalmente, resulta tedioso estudiarlos. Partiendo de esta premisa, el presente trabajo de investigación busca recurrir a las metodologías activas para tratar de conectar mejor con el alumnado de 3º de la ESO, logrando así una mayor implicación y motivación. Para ello, se emplearán canciones actuales de rap a fin de impartir de una forma más cercana y creativa a los alumnos dichos contenidos, entre los que destacan aquellos relacionados con la métrica, las figuras literarias y los tópicos de la literatura medieval, además de establecer símiles entre obras literarias como el *Libro de buen amor* de Juan Ruiz, Arcipreste de Hita y canciones como Amalgama del rapero Rayden.

Palabras clave: rap, literatura medieval, música, poesía, metodologías activas.

Abstract

It is widely known that, among high-school students, Literature is mostly seen as a dull subject to study. Having said that, in the present paper, active methodologies will be included so as to increase students' implication and motivation towards this subject. Therefore, rap songs will be used in order to teach those Literature contents, which include metrics, literary figures and medieval literature topics, in a more creative way. Furthermore, different comparisons will also be drawn between literary works, such as *Libro de buen amor*, by Juan Ruiz, and rap songs such as Amalgama, by Rayden.

Key words: rap, medieval literature, music, poetry, active methodologies.

2. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se abordará una nueva metodología con la que se busca aumentar significativamente la motivación en la asignatura de Lengua Castellana y Literatura entre el alumnado de 3º de ESO. Para ello, se emplearán dos metodologías distintas, una tradicional y otra enmarcada en aquellas metodologías activas, a fin de comparar los resultados obtenidos en cada una de las clases.

2.1. Justificación

Este trabajo de investigación pretende cambiar los métodos de enseñanza tradicionales usando como herramienta la música, en concreto, el rap. Me llamó la atención que la letra de muchas canciones actuales de rap comparte afinidades con la lírica, en cuanto a temática, métrica, figuras retóricas... Por lo que decidí investigar más sobre ello y comprobé que era una vía para relacionar la literatura medieval con la actualidad, específicamente, con este género de música que suelo escuchar en mi vida diaria.

El estudio de la literatura puede resultar algo tedioso para algunos estudiantes en secundaria. Es por ello que incorporar canciones en las explicaciones podría despertar mayor interés entre el alumnado al conectar con un centro de su interés: la música, consiguiendo así uno de los objetivos que propone la nueva ley de educación (Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, LOMLOE), en cuanto a las situaciones de aprendizaje; pues, como se menciona en el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, en el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la ESO, las situaciones de aprendizaje “deben estar bien contextualizadas y ser respetuosas con las experiencias del alumnado” (Real Decreto 217/2022, p. 41767).

Otro aspecto que me impulsó a realizar este trabajo de investigación fue que para comprobar esta hipótesis, tendría que impartir algunas sesiones en una clase, transmitiendo a otros mi interés sobre este tema. En un futuro me gustaría ser profesora, por lo que disfrutaría mucho de la experiencia, además de que supondría una buena oportunidad para poder practicar y decidir si realmente es una profesión a la que me quiero dedicar. Decidí centrar este trabajo de investigación en el curso de 3º de ESO, ya que, comprobando la programación, era el que mejor cumplía con el género de música, pues en este curso se trabajan los aspectos mencionados anteriormente y aparecen en las canciones de rap actuales, que me gusta y quería utilizar.

2.2. Hipótesis

La hipótesis de la que parte este proyecto es si enseñar literatura mediante la música y empleando una metodología activa puede promover que el aprendizaje de los contenidos de esta materia sea más ameno y consiga hacerlo significativo para los estudiantes.

2.3. Objetivos

A la hora de establecer los objetivos, se va a diferenciar entre objetivos generales y objetivos específicos.

Los objetivos generales de este proyecto son:

- Analizar el potencial de la música como herramienta motivadora en el aprendizaje de la literatura medieval en 3º de ESO.
- Diseñar una situación de aprendizaje (SA) sobre poesía medieval que desemboque en la creación por parte de los estudiantes de textos que abarquen los contenidos estudiados.
- Emplear la música, en concreto el rap, como recurso para acercar la literatura medieval a los jóvenes.
- Los objetivos específicos que se plantean son:
- Analizar fragmentos del Libro de buen amor y canciones de rap actuales, tanto desde el punto de vista del contenido como de la forma, y establecer las analogías que pudieran existir entre ambos tipos de texto.
- Diseñar una Unidad Didáctica (UD) tradicional con actividades de aprendizaje sobre la literatura medieval.
- Crear una SA sobre la literatura medieval en la que la música y la creación literaria sean las herramientas principales.
- Establecer una comparativa entre los dos métodos impartiendo los mismos contenidos en dos grupos de 3º de la ESO.
- Evaluar los posibles beneficios de incluir el rap como recurso educativo en la enseñanza de la Literatura.

3. METODOLOGÍA

En primer lugar, se ha desarrollado un marco teórico, en el que se han tratado aspectos relacionados con el aumento de la motivación del alumnado en el aula.

Tras exponer el marco teórico, se inicia el proyecto mismo, con el diseño de los materiales para dos clases de tercero de la ESO.

Si bien UD y SA pueden ser sinónimos, en el presente proyecto se han empleado las dos terminologías para nombrar cosas diferentes. Siendo la UD la planificación de las actividades en relación con los objetivos, competencias, contenidos y evaluación. Y SA el diseño de actividades de aprendizaje vinculadas con los objetivos, competencias,

contenidos y evaluación; en torno a una metodología activa que busca que los estudiantes empleen de forma creativa los conocimientos adquiridos.

Aunque los contenidos son los mismos para ambas clases, la forma en la que se trabajan es diferente. Los contenidos seleccionados para explicar son: métrica, rima, figuras literarias, tópicos de la literatura medieval y una introducción al *Libro de buen amor* de Juan Ruiz.

Como ya se ha comentado, se van a distinguir ambos grupos ya que, en una clase se va a desarrollar una SA llamada “Cuéntamelo con música”, puesto que esos contenidos se van a explicar y los alumnos van a realizar las actividades propuestas empleando la música, en este caso el género rap. Por ejemplo, en esta clase se rapearán fragmentos del Libro de buen amor por grupos con una base de fondo y culminará con la creación de sus propias rimas sobre el buen o mal amor. Mientras que, en la otra clase, en la llamada UD “Cuéntamelo sin música” se trabajan los mismos contenidos, pero explicados de manera tradicional, con actividades propuestas en las que no está involucrada la música ni las técnicas de escritura creativa.

Las actividades serán llevadas a cabo en cuatro sesiones, la tercera sesión para la clase en la que se va a desarrollar la SA “Cuéntamelo con música” será para la exposición de las creaciones de rap realizadas por los estudiantes.

Al final de estas sesiones, se examinará a todos los alumnos con una misma prueba sobre los contenidos impartidos. Para la evaluación, además de la prueba general, en el caso de los estudiantes que realizan la SA se utilizará una rúbrica inspirada en la taxonomía de Bloom para evaluar sus creaciones de rap. El análisis de los resultados para comprobar si esta nueva metodología funciona se especifica en el apartado 7 de este proyecto de investigación.

4. MARCO TEÓRICO

Los puntos tratados en este marco teórico son, en primer lugar, el concepto de pedagogía activa y el de aprendizaje competencial. En segundo lugar, la idea de aprendizaje significativo de David Ausubel. En tercer lugar; el aprendizaje cooperativo, según los hermanos David W. Johnson y Roger T. Johnson. En cuarto lugar; los tipos de motivaciones de Frederick Irving Herzberg. En quinto lugar, la taxonomía de Benjamin Bloom revisada y actualizada. Para

finalizar, recurriremos a Esther López Ojeda, entre otros autores, para explicar la relación entre música y literatura, además, dentro de este apartado se desarrollarán la importancia de incluir la música en el aula.

4.1. Pedagogía activa y aprendizaje competencial

Para empezar, se definirá el concepto de pedagogía. Este concepto se ha formado con las opiniones de numerosos autores en diferentes épocas, basándose en varios campos. Según la definición que aporta la RAE, la pedagogía es la “ciencia que se ocupa de la educación y la enseñanza, especialmente infantil, la práctica educativa o de enseñanza en un determinado aspecto o área y la capacidad para enseñar o educar” (Real Academia Española, s.f., definición 1).

Como se explica en la revista de ciencias sociales y humanas “Prohominum”, la pedagogía activa, también conocida como “escuela nueva”, surgió a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Se podría definir como una propuesta reformista, que pretende realizar cambios sobre la escuela tradicional. El aprendizaje activo pretende involucrar al alumno en el tema que esté estudiando, por medio de actividades que promuevan el pensamiento crítico sobre ese contenido como, por ejemplo, reflexiones, discusión en grupo... Este aprendizaje busca que se desplieguen las habilidades del alumno y que no se realice un estudio plenamente memorístico (Bravo et al., 2022). Tal y como dice la teoría de Piaget, un psicólogo suizo que estudió principalmente el desarrollo cognitivo de los niños y los adolescentes, “para conocer los objetos, el sujeto debe actuar sobre ellos y, por consecuencia, transformarlos” (Piaget, 1968, p.45).

Esta transformación de los contenidos se lleva a cabo por medio de una metodología que promueva el aprendizaje competencial, un aprendizaje que permita que los estudiantes acerquen los conocimientos a la realidad de manera práctica y a sus centros de interés, motivando al alumnado a adquirir ciertos conocimientos (Gautier, 2021).

En la ESO la nueva redacción de la ley subraya “la necesidad de propiciar el aprendizaje competencial, autónomo, significativo y reflexivo en todas las materias” (Real Decreto 217/2022, p. 41571). Con la SA que se propone en este trabajo se busca el desarrollo, principalmente, de la competencia en comunicación lingüística; la competencia

personal, social y de aprender a aprender, la competencia emprendedora y la competencia en conciencia y expresión culturales.

4.2. Teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel

Para comprender mejor el aprendizaje significativo, se recurrirá a la siguiente afirmación del propio Ausubel: “Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, anunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enséñele consecuentemente”. (Ausubel, 1983; p.1). La idea de aprendizaje significativo desarrollada por el mismo autor se basa en que, a la hora de adquirir nuevos conocimientos, se deben tener en cuenta los anteriores y relacionarlos con aspectos existentes en la estructura cognoscitiva del alumnado, como pueden ser imágenes, símbolos, algún concepto... Por lo que solo se puede llevar a cabo cuando los nuevos conceptos tienen relación con un concepto relevante previo, lo que se conoce como “subsursor”. Estos subsusores pueden ser conceptos amplios, claros, estables o inestables. Por lo tanto, el alumno no debe descubrir para aprender, sino que lo importante para adquirir el concepto es que atribuya significados a los conocimientos que recibe en el aula por parte del profesor. (Moreira, 2017).

En este proyecto de investigación el subsursor principal sería la música y la activación de los conocimientos previos en relación con cada uno de los contenidos a trabajar, puesto que, salvo los relacionados con la Historia de la Literatura, todos los demás se han visto en cursos anteriores.

¿Qué no es aprendizaje significativo?

Para entender mejor el concepto de aprendizaje significativo de David Ausubel, partimos de su propia investigación sobre el aprendizaje mecánico, también llamado por él mismo aprendizaje memorístico. Este concepto de aprendizaje mecánico está muy vinculado al aprendizaje pasivo, que en ocasiones puede producirse de manera no intencionada a causa de la simple exposición a conceptos repetidos que van dejando su marca en nuestro cerebro. (Ausubel, 1983).

Por tanto, se puede concluir que tanto el aprendizaje competencial como el aprendizaje significativo estarían estrechamente relacionados, pues ambos perseguirán el mis-

mo objetivo: poner en el centro al estudiante. En el caso del competencial el alumno elaborará el conocimiento al emplearlo con un fin y en el significativo también habría ese papel activo al vincularlo con lo ya conocido y, por tanto, transformarlo (Moreira, 2012).

4.3. Teoría del aprendizaje cooperativo

En primer lugar, se comenzará definiendo qué es el aprendizaje cooperativo, para ello se definen, a continuación, ambas palabras por separado: *aprendizaje* según la RAE es “acción y efecto de aprender algún arte, oficio u otra cosa” (Real Academia Española, s.f., definición 1), el aprendizaje es una tarea que solo realiza el alumno y no es mutuo, es decir, se produce en una única dirección. Por otro lado, “la cooperación consiste en trabajar juntos para alcanzar objetivos comunes” (Johnson et al., 1994; p.5), los miembros del grupo buscan el beneficio para ellos mismos y para los demás. Este tipo de aprendizaje permite al alumno desarrollarse en los ámbitos social, cognitivo y psicológico, pretende enseñar a través del trabajo en equipo (García, 2011).

De acuerdo con la clasificación realizada por Johnson et al. (1994), en el aprendizaje cooperativo participan tres tipos de grupos de aprendizaje: **grupos formales** (que se desarrollarán en el siguiente párrafo); **grupos informales**, que se suelen utilizar al principio o al final de la clase; y, por último, el **grupo de base cooperativa**: tienen una duración de aproximadamente un año, por lo que no se ha podido recurrir a él en el presente trabajo. (Johnson et al, 1994).

En este proyecto se va a utilizar el grupo formal, por lo que va a ser explicado más en profundidad. Comprenden un periodo que dura entre una hora y varias semanas, el objetivo de este grupo es que los alumnos trabajen juntos para conseguir objetivos comunes, deben asegurarse de que ellos mismos y los demás integrantes realizan la tarea asignada, el objetivo de estos grupos es organizar la materia, explicarla, resumirla e integrarla por medio de conceptos preexistentes (en este proyecto, los contenidos serían, por ejemplo, la rima o la métrica), el docente debe, entre otras cosas, evaluar si el grupo ha sido eficaz a la hora de realizar la tarea. Esta agrupación se empleará durante la tercera sesión en la creación del rap con la clase que trabaja la SA.

El aprendizaje cooperativo se ha desarrollado en las últimas décadas y es un método útil para la diversidad que

existe en las aulas, con este aprendizaje se da una educación adaptada a las necesidades de cada alumno (Muñoz et al., 2016) ya que, entre otros beneficios, promueve la participación de todos los alumnos y que ellos mismos se sientan valorados (Pujolás, 2008), es un recurso fundamental para promover el aula inclusiva. Además, Morilla et. al (2006) señalan la cooperación como aspecto fundamental para conseguir una buena inclusión de todos los alumnos en el aula.

Según el estudio realizado en la Unidad Educativa Cristo Rey (Ecuador) en una clase de 3ª ESO en la asignatura de Lengua castellana y Literatura, el aprendizaje cooperativo aporta grandes beneficios entre el alumnado, como una mayor confianza en sí mismos, la creación de un clima de confianza pudiendo resolver más fácilmente los conflictos, cada miembro cumple con realizar la parte del trabajo que le corresponda... (Rojas, 2021). Otros estudios fueron realizados por Iglesias y López en 2014 en clases de 6ª de primaria en el área de Matemáticas, donde se afirma que mejora la motivación de los alumnos, las destrezas sociales y hay una mejora en el rendimiento académico También demuestran que es un aprendizaje más positivo que el individualista (Boix et. al., 2020). Los hermanos Johnson en 2014, como se citó en Mayordomo et. al (2015) dividen estos beneficios en tres grandes ámbitos, en el ámbito del rendimiento, mejora este y la competitividad, además de conseguir una mayor capacidad para resolver problemas, y una mayor transferencia de lo aprendido que las personas que realizan un aprendizaje individualista; en el ámbito de las relaciones interpersonales, al estar en grupo se preocupan más por el bienestar de todos los miembros que los que trabajan de manera individual; y, por último, proporciona una mayor autoestima y mayor salud psicológica que el trabajo individualista.

4.4. Tipos de motivación según Frederick Irving Herzberg

Para justificar el origen de los tipos de motivaciones que pueden existir entre el alumnado, se recurrirá a Frederick Irving Herzberg y a Daniel H. Pink entre otros autores.

Manso (2002), quien se incorporó en 1956 como director del departamento de Psicología en la Universidad Case Western Reserve de Ohio, Estados Unidos, se centró en la investigación de los factores que hacían a las personas mantenerse sanas. En esta misma línea, el psicólogo esta-

dounidense Frederick Herzberg desarrolló la teoría motivación–higiene que explicaba la motivación en un grupo de trabajadores en función de aquellos acontecimientos que les habían producido satisfacción e insatisfacción. Así pues, diferenció dos factores principales relacionados con la motivación de los asalariados: **independientes** y **específicos**. Los primeros estaban relacionados con los factores extrínsecos que produjeron insatisfacción entre los trabajadores, como la supervisión o las relaciones interpersonales, mientras que los segundos se relacionaban con los factores intrínsecos que proporcionaron satisfacción, como la responsabilidad, el trabajo en sí mismo o lo trascendente a la tarea que se realiza. (Correa, 2012).

Por otro lado, para centrarnos en los tipos de motivaciones en el aula, lo que se usa en el presente trabajo, se puede recurrir a Daniel H. Pink, en concreto a uno de sus libros titulado *Drive, The surprising Truth About What Motivates Us*. En este libro, el autor divide la motivación de los alumnos en dos tipos, denominadas por él tipo I (motivación intrínseca) y tipo X (motivación extrínseca).

“Type X behaviour is fuelled more by extrinsic desires than intrinsic ones. It concerns itself less with the inherent satisfaction of an activity and more with the external rewards to which that activity leads.” (Pink, 2018, p. 77). [La conducta de los tipos x se alimenta más de deseos extrínsecos que de los intrínsecos. Se preocupa menos por la satisfacción de realizar una actividad y más por las recompensas externas a las que conduce la actividad] (traducción propia), por lo que los alumnos con una motivación extrínseca realizan una actividad por la recompensa que van a obtener y no por el deseo o la motivación de aprender. Esas recompensas pueden ser castigos, premios, presiones sociales o culturales, incentivos (controlan la conducta) (Cirino, 2000).

En cambio, atendiendo a la definición que da Pink de los alumnos con una motivación tipo I, vemos que estos se mueven por deseos intrínsecos, es decir, la persona realiza una actividad porque le interesa y le gusta realizarla. (Pink, 2018). Algunas razones por las que las hace son: curiosidad, competencia (es capaz de identificar aquellas tareas que se le da bien realizar), reconocimiento de las tareas que se realizan positivamente, autonomía (hay libertad para realizar las actividades que se deseen), aceptación (se realizan las tareas que gustan y se evitan las que disgus-

tan). (Cirino, 2000). Pink confirma lo siguiente: “Type I behaviour is made not born.” (Pink, 2018, p. 78). [El comportamiento de los Tipo I se hace, no se nace] (traducción propia). Además, el propio autor explica que este tipo de estudiantes entiende que la forma de obtener una buena retroalimentación es evaluando su propio progreso.

Podríamos preguntarnos qué tipo de motivación es mejor para el alumnado, Daniel Pink responde con la siguiente afirmación, “Type I’s outperform type X’s in the long run.” (Pink, 2018, p.79). [Los estudiantes tipo I superan a los estudiantes tipo X a largo plazo] (Traducción propia). Es por esto que muchas veces se emplea motivación extrínseca para obtener un primer aumento en la motivación del alumnado por realizar las actividades propuestas. Sin embargo, se debe buscar que esta motivación extrínseca se transforme en intrínseca, pues, solo así, se logrará una motivación real a largo plazo, obteniendo, en consecuencia, mejores resultados.

4.5. Taxonomía de Bloom

Creada por Benjamin Bloom en 1956 para establecer objetivos educativos, la taxonomía de Bloom se ha convertido en una herramienta clave a la hora de estructurar y comprender el proceso educativo, que se corresponde con el dominio cognitivo cuya función es procesar información, conocimiento y habilidades mentales. (Churches, 2013). Esta herramienta ha sido utilizada en el presente trabajo de investigación para aplicar la teoría en las clases a los alumnos de 3º ESO.

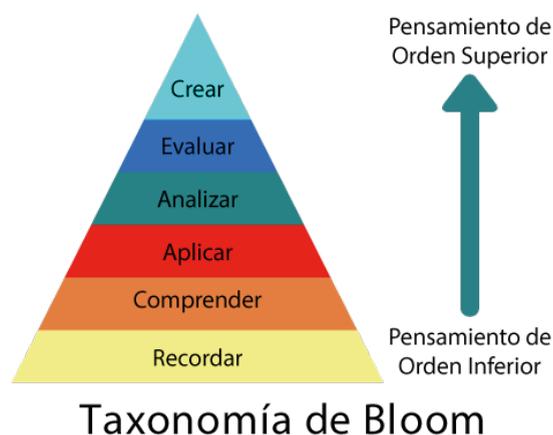


Ilustración 1. Taxonomía de Bloom. Fuente: Cristina Tormo Soriano

El primer nivel está relacionado con el conocimiento, cuya finalidad es recordar los materiales y contenidos básicos que se han trabajado en cursos anteriores. Algunas de las palabras clave que puede haber en este nivel son: recordar, mostrar, encontrar... Esto fue aplicado en las clases, ya que antes de explicar los nuevos conceptos se preguntaba a los alumnos si los conocían. El segundo nivel corresponde a la comprensión, este se encarga de asegurarse que los alumnos han entendido los conceptos que han sido explicados. El tercer nivel es la aplicación, que trata de proponer situaciones nuevas o ejercicios implementando los contenidos que ya han sido adquiridos. En el proyecto, después de explicar la teoría, se realizaban ejercicios para poner en práctica lo aprendido. El cuarto nivel es analizar, donde se fragmenta la información realizando interferencias y hay que encontrar evidencias que corroboren las generalizaciones (Fowler, 2002). El quinto nivel se encarga de evaluar, corroborando la información mediante la validación de las ideas o la calidad del trabajo, basándose en unos criterios de complejidad. En el presente trabajo, se realizó tanto una prueba sobre los conceptos trabajados como una rúbrica (incluida en el anexo I) para evaluar la creación del rap.

El último nivel de esta taxonomía, el más complejo, se define con la palabra crear y consiste en juntar todos los conceptos trabajados para formar algo común que sea coherente y funcional (Churches, 2013), este último nivel de complejidad se puede ver en el rap creado por los alumnos. Los niveles de recordar y comprender son habilidades que deben afianzar los alumnos como trabajo individual en casa, en cambio, los niveles de aplicar, analizar, evaluar y crear son habilidades que se desarrollan en el aula (Giménez, 2017).

4.6. Evolución de la relación entre Literatura y Música a lo largo de la historia

Música y literatura pertenecen a las conocidas como las 7 artes. La relación que existe entre ellas se remonta, por lo menos, a la antigüedad y continúa hasta la actualidad.

A continuación, tal y como expone Esther López Ojeda en su publicación titulada *Literatura y Música*, se comentará época por época la presencia de esta relación.

En primer lugar, tomando como referencia a la Grecia Clásica, se puede observar que, a Apolo, dios de las artes y la belleza, a menudo representado portando una lira, se

le relaciona con la música y la poesía pues estas eran inseparables. También cabe mencionar a Dioniso, divinidad estrechamente vinculada al teatro, que usaba instrumentos de viento y percusión. Además, la música se utilizaba para invocar a los dioses. “En Grecia los textos se componían para ser cantados” (López, 2013, p.130). Sin embargo, estas relaciones han tenido dos etapas: una en la que el texto era predominante sobre la música donde podemos destacar el epinicio, un canto para celebrar victorias deportivas, y otra que era a la inversa, la música predominaba sobre el texto.

En la Edad Media, esta relación de la que se viene hablando se puede observar en villancicos, sobre todo, en la parte del estribillo; cancioneros, romances, jarchas... En el Mester de Clerecía, estas relaciones no son tan claramente observables, sin embargo, en el Libro de Buen Amor, obra utilizada en este proyecto, sí que existe esta relación (López, 2013).

En la siguiente época literaria, el Renacimiento, ocurrió prácticamente lo mismo que en la época anterior, se daba más importancia a la parte literaria, pero la música también tenía un papel importante, pues servía para expresar los sentimientos que transmitía el texto. En esta época destaca Gil Vicente que defiende que la música en la literatura sirve para expresar las emociones de los personajes y para marcar las entradas y salidas del escenario (López, 2013).

En el Barroco, la música domina frente al texto literario, de hecho, es imposible que prevalezca la literatura frente al texto. Esta sirve para atraer la atención del espectador y disimular los cambios de escena, entre otras. Durante el siglo XVIII, surgió la ópera, por lo que la relación entre música y literatura fue más clara, sin embargo, predominó el texto frente a la música, al contrario que en el Barroco (López, 2013).

Posteriormente, en el Romanticismo surgió el drama musical con Wagner que asocia música y literatura utilizando la primera para la expresión dramática.

En el siglo XX fueron más conscientes de esta relación y del papel fundamental que tenía, ya que servía para otorgar a los textos la capacidad estética. (López, 2013).

En la actualidad, aunque música y literatura sean dos artes diferenciadas, podemos encontrar que muchos artistas toman partes o directamente la totalidad de un texto o una poesía para hacerlos canción. Entre múltiples ejemplos

destacan poemas de Federico García Lorca interpretados por artistas de diversos estilos musicales, desde los más clásicos como Camarón de la Isla en la *Leyenda del Tiempo* o *Manzanita en Verde*, hasta ejemplos más actuales como Dellafuente en *Jaleo* o *Marea* en *Ciudad de los gitanos*. También han sido versionados otros poetas como Antonio Machado, a cuyo poema “*Proverbios y Cantares*” puso voz Joan Manuel Serrat o Miguel Hernández a quien el propio cantautor catalán dedica un disco en 1972. Goytisolo, por su parte, también fue versionado por los Suaves en *Palabras para Julia*.

4.7. La música en el aula

En este apartado se van a desarrollar los beneficios y la importancia de relacionar distintas asignaturas en las aulas de Educación Secundaria, en vez de enseñar cada asignatura como una especie de cajón cerrado sin relación con otras. (Botella et. al., 2018).

En 1973, Herbert Read argumentó que alguna de las artes (pintura, escultura, literatura, música, arquitectura, danza y cine) tenía que ser la base de cualquier proceso educativo. Langer resume las relaciones entre las artes en la siguiente cita:

“Las relaciones mutuas entre todas las artes -pintura, escultura, arquitectura, música, poesía, teatro, ficción, danza, cine y cualesquiera otras que puedan admitirse- se han convertido en un tema de venerable antigüedad en la estética...Últimamente se ha vuelto a hacer aceptable afirmar que todas las artes en realidad son un “Arte”, con su A mayúscula; que, por ejemplo, las aparentes diferencias entre pintura y poesía son superficiales y se deben únicamente a las diferencias de sus materiales. Un artista pinta con pigmentos y el otro con palabras; o bien uno habla en rima y el otro en imágenes, y así sucesivamente. La danza es el lenguaje del gesto, el teatro es “realmente” un ditirambo, esto es, una danza coral; la arquitectura es (por supuesto) música congelada...todos concuerdan en que las diversas artes solo son otros tantos aspectos de una misma aventura humana, y casi todos los libros recientes de estética empiezan por declarar que las distinciones corrientes entre las artes. La integración de las artes a través de una propuesta didáctica

en educación secundaria obligatoria: música, plástica y son una consecuencia lamentable de nuestra tendencia a dividir en compartimentos estancos el contenido de nuestras vidas” (Langer, 1969; p.42, como se citó en Botella y Adell, 2018, p. 115-116).

Cabe destacar la importancia de introducir la música en el aula, pues está involucrada en el desarrollo físico, social, cognitivo y emocional de los estudiantes. Filósofos como Aristóteles, Platón o Martin Lutero ya destacaban la importancia de la música en el ámbito educativo. El primero de estos filósofos argumentaba que uno de los usos de la música era la educación, para Platón la música y las artes eran una parte fundamental para llegar a su modelo ideal de educación ciudadana, y Martin Lutero, por su parte, defendía que los maestros deberían tener conocimientos sobre música, aunque no fueran profesores de esa materia, para poder transmitirlo en la enseñanza regular de otras asignaturas (González, 2006).

North et. al (2000) realizaron un estudio acerca de la motivación de los estudiantes ante la música, como conclusiones obtuvieron que escuchar música les servía para aliviar la tensión, el estrés y satisfacer sus necesidades emocionales. Por lo que a través de este estudio y de otros, se recalca la importancia de considerar el aspecto emotivo de los estudiantes e incluirlo en el currículum. Por otro lado, un estudio de la investigadora Liora Bresler, incluido en el artículo de González (2006), aporta cuatro enfoques de integración de las áreas artísticas en el currículum: la **integración subordinada**, en la que las artes son un apoyo para enseñar los contenidos que se consideran básicos en el currículum; la **integración equitativa**, que integra contenidos específicos del área musical, resaltando los modos de pensamiento específicos, la **integración afectiva**, que pone su atención en las emociones que provoca la música, además de incorporar elementos no desarrollados en el currículum como la creatividad y la autoexpresión, y, por último, se recalca la **función social** de la música, que consiste en mantener la identidad social y personal. Por lo que, si se produjera una integración de la música en las diversas asignaturas por parte del profesorado se produciría un desarrollo social y de identidad de los estudiantes. (González, 2006).

La música también tiene un papel importante en el desarrollo cognitivo, forma parte del conocimiento artístico. El

músico Michael L. Mark diferencia el conocimiento “racional” y el “artístico” por sus resultados, el conocimiento “racional” usa la razón de forma práctica, mientras que el conocimiento “artístico” obtiene su propio significado a pesar de sus consecuencias. (González, 2006). Sin embargo, a pesar de las diferencias entre ambos conocimientos, existe una relación entre ellos, pues como propone el psicólogo Robert S. Root-Bernstein en sus investigaciones recogidas por González (2006), hay una relación entre el éxito científico y las artes, llama especial atención los ganadores del premio Nobel, algunos de los ejemplos que corroboran esta afirmación son: Albert Einstein premiado en la disciplina de física, tocaba con soltura el violín desde los seis años ya que su madre que era una pianista talentosa y fue la responsable de la educación musical de su hijo; Virginia Apgar que también fue premiada en la disciplina de física fue capaz de observar patrones recurrentes en medicina, está habilidad la adquirió de la música y de la capacidad que tenía de construir sus propios instrumentos musicales; por último, Hideki Yukawa, premiado en física, componía canciones tradicionales de Japón. Por lo que después de estos ejemplos, se puede afirmar que aquellos individuos que dominan un campo en específico también son talentosos en otros ámbitos. (González, 2006)

La investigación más trascendente sobre este tema es la titulada *Champions of Change: The Impact of the Arts on Learning* realizado por Fiske en 1999, esta investigación nos proporciona evidencias científicas acerca de por qué las artes contribuyen a la mejora de la educación, la muestra de este estudio fue tomada con niños y jóvenes con nivel económico bajo que participaban en alguna arte, sobre todo en la música comparándolo con jóvenes y niños que no participaban en las artes. Las conclusiones más destacadas de este estudio fueron: los individuos en esta situación que tienen contacto con la música muestran un mayor desarrollo integral, las artes fomentan las habilidades sociales con los demás conformando el trabajo en equipo, fomenta la creatividad, impulsa retos, fomentan el aprendizaje dirigido por uno mismo, promueven la motivación en los estudios y la participación, con las artes se desarrolla la capacidad de superar las adversidades, además los alumnos que están en contacto con la música obtienen más logros académicos que aquellos que no lo están (Fiske, 1999).

Otro estudio es el que lleva realizándose desde 2007 por Garay E. McPherson en la Universidad de Melbourne. Este estudio se ocupa de investigar la motivación que tienen los alumnos hacia la música en comparación con otras asignaturas escolares, se está llevando a cabo en diferentes países, nos centraremos en los resultados obtenidos en México, que concluyen que la vinculación con la música aumenta la posibilidad de tener un mejor desenvolvimiento en el ámbito académico. Este estudio revela que incluir la música en la educación de forma integral, reporta grandes beneficios para los estudiantes, ya que desarrolla las habilidades cognitivas y obtienen una mayor motivación frente a otras asignaturas. Sin embargo, en la actualidad no se dedican los suficientes recursos para llevar esto a cabo. (González-Moreno, 2010).

5. ANÁLISIS DE DATOS

Después de desarrollar el marco teórico, en este apartado se va a exponer la recogida de datos que se ha realizado en este proyecto. En este caso, como ya se ha explicado en la metodología, se han impartido clases sobre conceptos relacionados con métrica, rima y literatura medieval en dos grupos diferentes. En uno de ellos se ha seguido una metodología tradicional, llamada clase UD y en el otro grupo se ha seguido una metodología activa, llamada clase SA. Cabe destacar que las explicaciones de los conceptos han sido las mismas para todos. Esto se puede observar en los anexos I y II del documento, donde están todas las actividades y explicaciones detalladas. Para la recogida de datos se hicieron cuatro cuestionarios en total, dos para cada clase de 3^a de la ESO. Uno de ellos, que era igual para ambos grupos, era un “examen” sobre los conceptos trabajados en el aula y otro llamado “cuestionario de satisfacción”, en este último las preguntas iban enfocadas a cómo habían visto las clases impartidas en esa semana. Por un lado, el examen de contenidos serviría para comprobar si la diferencia entre ambas metodologías en la adquisición de contenidos era significativa. Por otro lado, el cuestionario de satisfacción se concibió como el más relevante, sobre todo los resultados obtenidos en la clase de la SA, ya que sería determinante para saber si la metodología funciona o no, esto es, si puede promover que el aprendizaje de los contenidos de esta materia sea más ameno y lo hace significativo para los estudiantes o no.

Los datos recogidos han sido de veintiocho alumnos en cada clase, cincuenta y seis en total, los datos de este cuestionario van a ser expresados mediante un gráfico de sectores, en el anexo III aparecen las tablas con la recogida de datos de cada pregunta.

A continuación, se expone la recogida de datos de los cuestionarios en ambas clases.

5.1. Clase “metodología tradicional”

Cuestionario de evaluación:

Las preguntas que se realizaron en este cuestionario fueron:

1.- ¿Cuántos versos tiene un pareado?

- a) Dos
- b) Tres
- c) Cuatro

2.- Si la última palabra de un verso es esdrújula, ¿cómo contamos esa sílaba?

- a) Añadimos una sílaba
- b) Lo dejamos como está
- c) Restamos una sílaba

3.- ¿Qué profesión tienen las personas pertenecientes al mester de clerecía? ¿Qué función tienen entre la población?

- a) Juglares, entretenían y difundían noticias
- b) Eran reyes o personas cultas, transmitían saberes eclesiásticos
- c) Nobles, transmitían las noticias más importantes
- d) Clérigos o personas cultas, transmitían saberes eclesiásticos

4.- ¿Cuál es el tema principal del Libro de buen amor?

- a) Los celos
- b) El amor
- c) Lo mal que se trata a los esclavos de la época

5.- ¿Cómo llamamos a la licencia poética por la cual se une la vocal final de una palabra con la inicial de la siguiente?

- a) Sinalefa, se cuenta como una sílaba
- b) Diéresis, se cuenta como dos sílabas
- c) Sinéresis, se cuenta como dos sílabas

6.- ¿Cuál es la estructura característica en cuanto a la rima y métrica del Libro de buen amor?

- a) Versos endecasílabos, con rima consonante
- b) Versos endecasílabos, con rima asonante
- c) Versos alejandrinos, con rima consonante
- d) Versos octosílabos, con rima consonante
- e) Verso libre

7.- ¿Quién es el autor del Libro de buen amor?

- a) Gonzalo de Berceo
- b) María de Zayas
- c) Quevedo
- d) Garcilaso de la Vega
- e) Juan Ruiz, Arcipreste de Hita

8.- ¿Cómo se llama el personaje a quién recurre el Arcipreste para encontrar el amor?

- a) Doña Cuaresma
- b) Cupido
- c) Trotaconventos
- d) Celestina

Las notas obtenidas en esta clase en el “examen” fueron las siguientes:

UNIDAD DIDÁCTICA	
Personas	Calificación
1	5
1	6
2	7
12	8
7	9
5	10

Ilustración 2. Notas obtenidas en la clase "examen". Elaboración propia.

Las preguntas del cuestionario de satisfacción para la UD y sus respectivos datos fueron los siguientes:

1.- ¿Has entendido las explicaciones sobre métrica, rima y literatura medieval de esta semana?

- a) No he entendido ningún concepto
- b) He entendido algunos los conceptos
- c) He entendido casi todos los conceptos
- d) He entendido todos los conceptos

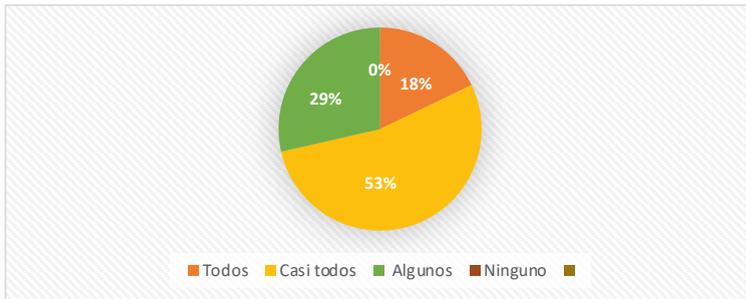


Ilustración 3. Gráfico pregunta 1. Elaboración propia.

2.- En cuanto a las actividades realizadas durante la semana, ¿cuál te ha gustado más?

- Ninguna
- Analizar la métrica
- Analizar la rima
- Actividades relacionadas con el Libro de buen amor

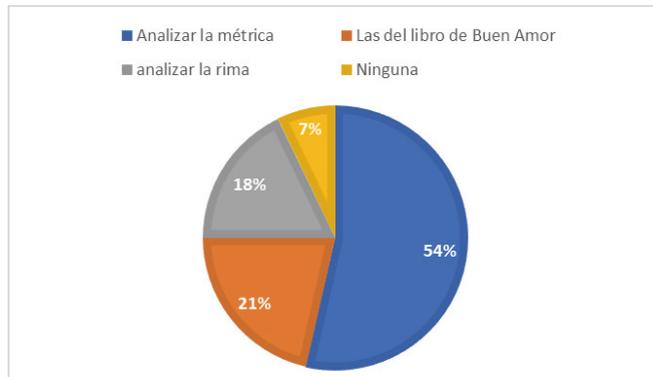


Ilustración 4. Gráfico pregunta 2. Elaboración propia.

3.- En una escala del 1 (muy aburrido) al 5 (muy amenas) valora las clases dadas esta semana.

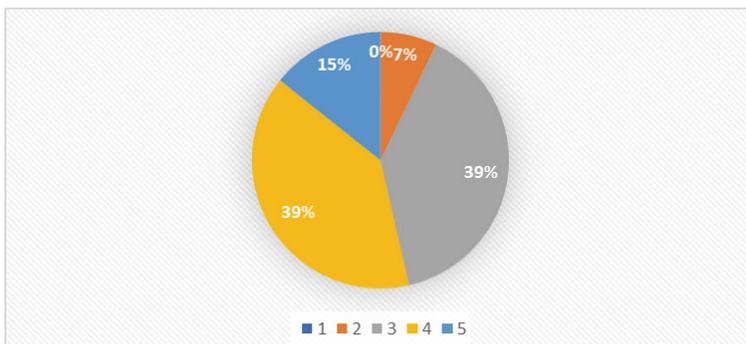


Ilustración 5. Gráfico pregunta 3. Elaboración propia.

4.- ¿Te gustaría que el método tradicional para explicar la literatura se cambiara por un método en el que se relacione la literatura con la música, en concreto, con canciones de rap actuales?

- Sí
- No

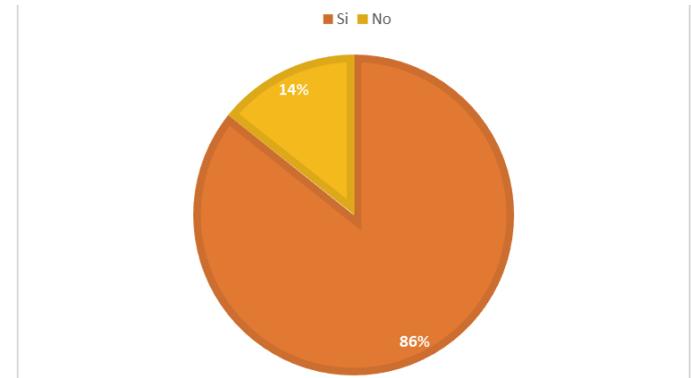


Ilustración 6. Gráfico pregunta 4. Elaboración propia.

5.- ¿Cómo has visto las clases de esta semana? Expresa tu opinión y cita aspectos a mejorar

En esta pregunta, las respuestas se han repetido bastante, ya que las actividades son las mismas que realizan a diario pues se ha empleado la metodología tradicional.

Algunas de las respuestas más destacadas entre el alumnado han sido:

- “Me han aburrido un poco las clases.”
- “Normal, no ha habido cambios con respecto a las clases de todos los días.”
- “Ha estado muy bien, pero a veces aburridas.”
- “No me han disgustado, pero ha habido cosas que no han tenido mucha diversión.”
- “Bastante aburridas, sin embargo, he entendido todos los conceptos que se han explicado.”
- “Bien, pero tendría que haber menos ejercicios o que fueran más dinámicos.”

5.2. Clase “Situación de Aprendizaje”

El cuestionario de evaluación consta de las mismas preguntas que el cuestionario de evaluación de la clase UD, por lo que no se repetirán las preguntas. Las calificaciones fueron:

SITUACIÓN DE APRENDIZAJE	
Personas	Calificación
1	4
3	5
3	6
5	7
8	8
4	9
4	10

Ilustración 7. Calificaciones clase "SA". Elaboración propia.

A continuación, se expone el cuestionario de satisfacción de la clase SA

a.- ¿Has entendido las explicaciones sobre métrica, rima y literatura medieval de esta semana?

- No he entendido ningún concepto
- He entendido casi todos los conceptos
- He entendido algunos los conceptos
- He entendido todos los conceptos

■ Todos ■ Casi todos ■ Algunos ■ Ninguno

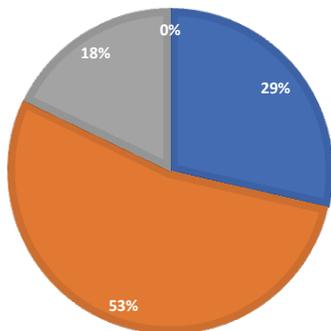
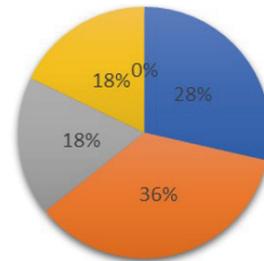


Ilustración 8. Gráfico pregunta a). Elaboración propia.

b.- En cuanto a las actividades realizadas durante la semana, ¿Cuál te ha gustado más?

- Ninguna
- Analizar la métrica de las canciones
- Analizar la rima de las canciones
- El buen y mal amor de la canción de Rayden
- Crear los versos sobre el amor



■ Crear los versos sobre el amor
 ■ El buen y mal amor de la canción de Rayden
 ■ Analizar la rima
 ■ Analizar la métrica
 ■ Ninguna

Ilustración 9. Gráfico pregunta b). Elaboración propia.

c.- En una escala del 1 (muy aburrido) al 5 (muy amenas) valora las clases dadas esta semana.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

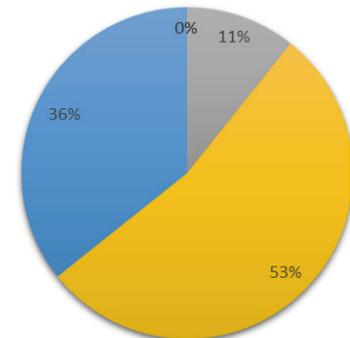


Ilustración 10. Gráfico pregunta c). Elaboración propia.

d.- ¿Te ha parecido novedoso introducir la música actual para relacionarla con conceptos relacionados con la literatura?

- No, ya había trabajado la literatura con la música
- Sí, nunca me habían relacionado la literatura con la música

■ Sí ■ No

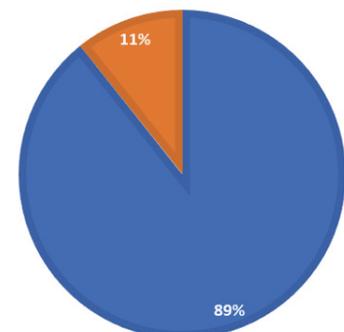


Ilustración 11. Gráfico pregunta d). Elaboración propia.

e.- ¿Cuál crees que es un método más eficaz para trabajar los contenidos de literatura?

- a) El método tradicional
- b) Relacionándolo con la música

■ Relacionándolo con la música ■ El método tradicional

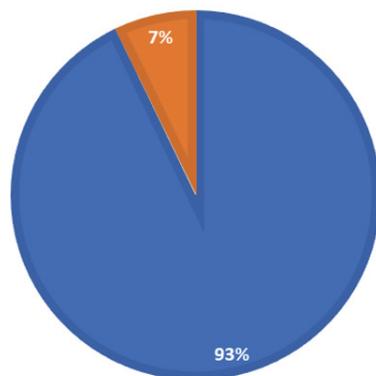


Ilustración 12. Gráfico pregunta e). Elaboración propia.

f.- ¿Cómo has visto esta metodología? Expresa tu opinión y cita aspectos a mejorar

Esta pregunta era abierta para que los estudiantes pudieran expresar su opinión, con el fin de saber si en un futuro se podría implementar esta metodología para poder mejorar la mala prensa que tiene la literatura y saber si se podrían cumplir las próximas líneas de investigación que se detallan en el punto nueve del proyecto. Las respuestas más destacadas y repetidas han sido:

- “Me ha gustado mucho porque hemos hecho actividades muy chulas”
- “Me ha gustado mucho más que la forma tradicional”
- “Me han parecido muy entretenidas las clases y no mejoraría nada”
- “Ha sido muy entretenido trabajar con este método”
- “He aprendido bastante más y me gustaría que esta metodología se implementara en todas las clases”
- “Está todo muy bien y se entiende mucho más fácil de esta forma”
- “Muy bien y divertido”

6. CONCLUSIONES

A continuación, se van a desarrollar las conclusiones extraídas de este proyecto a partir del análisis de datos del apartado anterior. Se irán comparando los resultados de la clase en la que se ha desarrollado la UD con los obtenidos en el grupo que se llevó a cabo la SA.

Primero, en cuanto a las calificaciones obtenidas en el “cuestionario de evaluación”, la clase UD alcanzó una media de un 8,35 y la clase SA logró una media de 7,6. Ha habido una diferencia, para ser concretos de 0,75 puntos. Pero hay que recordar que, en el mismo tiempo, los estudiantes de la UD solo trabajaron los contenidos examinados en este control, mientras que los de la SA vieron estos mismos contenidos y, además, los relacionaron con la música y, sobre todo, dedicaron buena parte de las sesiones a desarrollar la expresión escrita. En este sentido, cabe destacar las conclusiones que se obtienen de la taxonomía de Bloom, punto desarrollado en el marco teórico, la cual se ha utilizado para evaluar la parte práctica del presente trabajo. Siguiendo taxonomía de Bloom, la clase UD ha logrado recordar, comprender, aplicar, analizar y evaluar; por lo tanto, no han llegado a completar la pirámide, puesto que, para poder llegar al pensamiento de orden superior, faltaría crear. Sin embargo, en la clase SA sí se ha logrado completar la pirámide completa, por lo que sí han llegado al pensamiento de orden superior, pues han completado los procesos de recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear. La creación de esta clase ha sido la producción de los versos sobre el buen o mal amor (actividad detallada en el anexo I), además de rapear los fragmentos del Libro de buen amor.

Segundo, en cuanto a la comprensión de los contenidos; los porcentajes en ambas clases están bastante igualados. Sin embargo, hay una mayor comprensión en la clase de la SA, un 29% entendió todos los conceptos, un 53% entendió casi todos los conceptos, un 14% entendió algunos conceptos y un 4% entendió pocos conceptos. En cambio, en la clase UD, un 18% entendió todos los conceptos, un 54% entendió casi todos, un 21% comprendió algunos y un 7% entendió pocos. Esto se podría deber a que los ejemplos empleados para ilustrar la teoría en el caso de la SA son más actuales y se acercan más a su día a día, lo que facilita la comprensión. Por lo que tenemos una diferencia del 11% entre los que entendieron todos los conceptos de la clase SA y los de la UD.

Tercero, la actividad más valorada entre la clase de la UD ha sido la relacionada con analizar la métrica de las composiciones medievales, con un 54%, y la actividad relacionada con el *Libro de Buen Amor* ha gustado solo a un 21% de la clase. En la clase de la SA la actividad más valorada por el alumnado ha sido la relacionada con el Libro de buen amor, en este caso trabajada con la canción de *Amalgama* del conocido rapero español Rayden. Por lo que, aplicando una metodología activa, se observa un aumento de un 33% en el interés por el *Libro de buen amor*. Esto prueba que usar la música para trabajar un contenido puede ser la diferencia entre que los estudiantes aprecien esta materia concreta (como es el caso de los que han empleado la SA) o que no lo hagan (como ha ocurrido con aquellos que trabajaron con la UD).

Cuarto, las sesiones impartidas durante esa semana en la clase UD fueron valoradas por un 14% de los alumnos con un “5” en una escala del 1 al 5, siendo “1” muy aburridas y “5” muy amenas. En cambio, un 36% de los estudiantes de la clase SA las valoró con un “5” en la misma escala, por lo que podría afirmarse que el grado de aceptación de la metodología aumenta significativamente con respecto a la utilización de una metodología tradicional.

Quinto, al 89% de la clase SA le pareció muy novedosa la introducción de esta nueva metodología en las aulas y el 93% del mismo grupo apostaba por que la nueva metodología se implantara en las aulas. Como se ha visto en el cuestionario del apartado 6.1, se hizo una pregunta a la clase de la UD, cuestionando si querían que la literatura se relacionara con la música en las clases de Lengua castellana y Literatura a pesar de no haber trabajado con ellos este tema y un 86% respondió que sí.

Al analizar la última pregunta de los “cuestionarios de satisfacción” se corrobora aún más la hipótesis de partida, pues, aunque muchas de las respuestas quieren decir lo mismo, en la clase UD por lo general, las clases les parecieron aburridas y con actividades muy tediosas de realizar. Sin embargo, en la clase SA esto cambia radicalmente y les ha parecido muy divertido, con clases muy dinámicas mejores que las impartidas con el método tradicional.

Por todo ello, se puede afirmar que la nueva metodología sí es factible para implementarla en el aula, puesto que promueve el aprendizaje de los contenidos de forma más

amena, implica que los estudiantes reinterpreten los contenidos a través de las destrezas, aumenta la comprensión de los mismos al acercarlos a la realidad de los jóvenes, hace que una obra medieval se vuelva más significativa o, al menos, que se valore más positivamente el trabajo con ella y, hay un deseo tanto de los estudiantes que han pasado por la SA como de los que no, por que las clases se hagan de forma diferente y se trabaje la literatura con un centro de interés de los estudiantes como es la música.

En conclusión, se ha conseguido cumplir con los objetivos del proyecto, ya que esta metodología ha motivado a los alumnos a tener más disposición a aprender, a saber más sobre los conocimientos de literatura, y a estar más motivados por esta asignatura ya que se atendía a uno de sus centros de interés. Además, se ha logrado estructurar el proceso de educativo, con la taxonomía de Bloom, que han conseguido completar en la clase SA. A pesar de que las notas no han sido superiores donde hemos aplicado la metodología tradicional, la diferencia de notas no es tan marcada entre una clase y otra. Además, cabe recordar que la utilización de una metodología u otra no es el único factor que afecta al rendimiento de los estudiantes. No obstante, volviendo a la hipótesis de partida, centrada en la motivación del alumnado, gracias al cuestionario de satisfacción se puede concluir que esta metodología conlleva un aumento en la motivación entre los alumnos participantes en la investigación a la hora estudiar los conceptos de literatura.

7. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo puede dar lugar a otras investigaciones que refuercen aún más la hipótesis propuesta en este proyecto, puesto que hay aspectos que no ha sido posible realizar en este proyecto que se desarrollarán en el apartado de “limitaciones”.

Las próximas líneas de investigación que se proponen a raíz de este proyecto son las siguientes:

- Analizar si esta nueva metodología puede ayudar a una mejor memorización de estos conceptos, es decir, si, en unos años, estos alumnos siguen recordando los conceptos de literatura por haberlos relacionado con la música rap.

- Extender este estudio a más alumnos para comprobar el éxito de este método.
- Ampliar la relación de la música con otras asignaturas (se han realizado investigaciones sobre la relación entre música y matemáticas) para motivar a los alumnos con el estudio de estas y facilitar la memorización de aquellas que son más tediosas de hacerlo.
- Extender esta metodología a otros cursos, adaptando los contenidos que se imparten.
- Comprobar si empleando la nueva metodología los alumnos pueden obtener unas mejores calificaciones, para ello habría que realizar este estudio en un periodo de tiempo más largo; como, por ejemplo, durante un trimestre.

7.1. Limitaciones y márgenes de error

Al principio, la dificultad para delimitar el tema ha supuesto una gran limitación, ya que otras propuestas previas han sido descartadas hasta llegar la actual.

Otra de las limitaciones ha sido el tiempo para realizar la parte práctica del proyecto de donde se obtuvieron los datos. Además, la muestra de datos no ha podido ser más amplia debido a que había que centrar el tema del proyecto a un curso en concreto.

La dificultad para realizar el análisis de datos a partir de las preguntas de los cuestionarios.

Por otro lado, en cuanto a los márgenes de error asociados al presente trabajo cabe destacar que, al contar con una muestra pequeña de tan solo dos clases de 3º de ESO, se corre el riesgo de que los resultados obtenidos no sean del todo fiables ni extrapolables al grueso de la población estudiantil de dicho curso. Además, la metodología empleada en el aula es tan solo uno de los múltiples y variados elementos que influyen en el rendimiento y en las calificaciones obtenidas por los alumnos, por lo que la diferencia de una clase a otra se puede deber a otros factores ajenos a la metodología empleada. Solo contando con una muestra más amplia y variada de alumnos y aislando y controlando bien los demás factores ajenos a la metodología se podrían establecer patrones concluyentes en el rendimiento de los estudiantes asociado al tipo de metodología empleado.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüera, P. (2020). Taxonomía de Bloom: qué es y cómo aplicarla en el aula. Educación 3.0. <https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/taxonomia-de-bloom/#Evaluar>

Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje cooperativo. Fascículos de CEIF, (1), 1-10.

Azorín, C. (2018). El aprendizaje cooperativo y su aplicación en las aulas. Perfiles educativos, 40(161). 181-194. [Fecha de consulta: 10/08/2023]

Boix, S. y Ortega, N. (2020). Beneficios del aprendizaje cooperativo en las áreas troncales de Primaria: Una revisión de la literatura científica. Revista de la Facultad de Educación de Albacete. 35(1). 4-8. [Fecha de consulta: 01/07/2023] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7711529>

Botella, A. M. y Adell, J. R. (2018). La integración de las artes a través de una propuesta didáctica en Educación Secundaria Obligatoria: música, plástica y expresión corporal. Vivat Academia. Revista de comunicación. 157 (142), 109-122. <https://doi.org/10.15178/va.2018.142.109-123> [Fecha de consulta: 17/10/2023]

Bravo, O., Chenche, R., Lucio, E., & Yanchapaxi, N. (2022). Pedagogía activa: Incidencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje generados en contextos de educación superior. Prohominum, 4(1), 219-239. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0112> [fecha de consulta: 26/06/2023]

Correa, F.L. (2012). Los factores higiénicos de Frederick Herzberg no son suficientes para motivar [Tesis de Doctorado, Universidad FASTA] <http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/391>

Cirino, G. (2000). Los intereses como motivación intrínseca en la sala de clases. Perspectivas psicológicas. 3-4, 80-84. <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/pp/v3-4/v3-4a08.pdf> [fecha de consulta: 13/07/2023]

Churches, A. (2014) Bloom's Digital Taxonomy- Educational Origami. Wikispaces [Recuperado en: https://ucema.edu.ar/sites/default/files/2021-02/TaxonomiadeBloom_Era_digital.pdf]

Fowler, B. (28 de septiembre de 2002). La taxonomía de Bloom y el pensamiento crítico. Eduteka. <https://eduteka.icesi.edu.co/modulos/6/134/109/1>

Fernández, A. (2015). Epístola moral a Fabio y otros escritos. Real Academia Española.

Fiske, E. (1999). Champions of Change: The Impact of the Arts on Learning. Arts Education Partnership

García, F. (2011). Influencia de las TIC en el aprendizaje significativo. [Trabajo de fin de grado, Universidad Internacional de la Rioja]. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/94>

Gautier, A. M. (19 de enero de 2021). El aprendizaje competencial en el aula.

Edelvives. 04/07/2023. <https://edelvives.com/es/blog/educacion/el-aprendizaje-competencial-en-el-aula>

González, P. (2006). La música como alternativa metodológica en el aula. [tesis doctoral: Universidad Autónoma de Chihuahua]. <https://www.cvh.edu.mx/memcongreso/doctos/Patricia%20Gonzalez-La%20musica%20como%20alternativa.pdf>

Giménez, F.J. (2017). La taxonomía de Bloom en el modelo Flipped Classroom. *Revista Publicaciones didácticas*. 1(86), 176-179. <https://n9.cl/qvksb> [fecha de consulta: 06/08/2023]

Johnson, D. Johnson, R. Holubec, E. (1999). El aprendizaje cooperativo en el aula. Paidós.

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>

Manso, F. (2002). El Legado De Frederick Irving Herzberg. *Revista Universidad EAFIT*. (128). 80-85. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/849> [Fecha de consulta: 10/07/2023].

Moreira, M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Memoria Académica compartimos lo que vivimos*. 11(12). 2- 10. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.8290/pr.8290.pdf [Fecha de consulta: 14/07/2023]

Muñoz, J. M., Hinojosa, E. F. y Vega E. M. (2016). Opiniones de estudiantes universitarios acerca de la utilización de mapas mentales en dinámicas de aprendizaje cooperativo. *Estudio comparativo entre la Universidad de Córdoba y La Sapienza. Perfiles educativos*. 38(153). 136-151. Recuperado en 18 de diciembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982016000300136&lng=es&tlng=es. [Fecha de consulta: 27/07/2023]

North, A. C., Hargreaves, D. J., y O'Neill, S. A. (2000). The importance of music to adolescents. *British Journal of Educational Psychology*, (70), 255-272. [Recuperado en: <https://www.cvh.edu.mx/congreso/doctos/Patricia%20Gonzalez-La%20musica%20como%20alternativa.pdf>]

Onrubia, J. y Mayordomo, R. (2015). El aprendizaje cooperativo: elementos conceptuales. Editorial UOC, El aprendizaje cooperativo. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5881918>

Piaget, J. (1974). La psicología de la inteligencia. *Critica*

Pink, D. (2009). *Drive. The Surprising Truth About What Motivate Us*. Canongate.

Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76, de 30 de marzo de 2022, 41571-41789. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>

Ruiz, J. (2006). *Libro de buen amor*. Cátedra Letras hispánicas.

Rojas, Y. y Román, C. (2021). Aprendizaje Cooperativo y Rendimiento Académico en Lengua y Literatura. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*. 9(1). 11- 15. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7482/1/UPSE-RCP-2021-Vol.9-No.1-002.pdf> [fecha de consulta: 02/08/2023]

ANEXOS

Los anexos están disponibles en el siguiente enlace:

<https://acortar.link/rwGkZq>



ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y LA EFICACIA EN LOS DISTINTOS GOLPEOS DE FÚTBOL

Andrés Castro-Poveda

Tutor: Daniel Capote Gómez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, por haberme motivado para realizar este proyecto y todo el apoyo durante la realización del mismo.

También quiero agradecer a mi tutor de proyecto Daniel Capote, por todo el esfuerzo y tiempo que ha invertido para ayudarme.

A mis profesores de 1º y 2º de Bachillerato por haberme dado ideas y sobre todo a Pinar Molera, Enrique Ortiz, Eugenio Jiménez y Paola Pucci por ayudarme cada vez que los he necesitado, además de darme las claves sobre lo más importante del proyecto.

A mi hermano por el apoyo y todas las charlas que hemos tenido sobre fútbol.

Y, por último, no quiero olvidarme de mis compañeros y amigos por el apoyo recibido durante todo el trabajo.

ÍNDICE

1. RESUMEN	86
2. ABSTRACT	86
3. INTRODUCCIÓN	87
4. JUSTIFICACIÓN	87
5. OBJETIVOS	88
6. MARCO TEÓRICO	88
6.1. EL FÚTBOL	88
6.2. EL BALÓN	88
6.3. TIPOS DE BOTAS	89
6.4. PARTES DE LAS BOTAS	90
6.5. TIPOS DE GOLPEO/ DISPARO	93
7. METODOLOGÍA	96
8. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS	96
9. DISCUSIÓN	100
10. CONCLUSIÓN	102
11. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	102
12. BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	104

1. RESUMEN

El fútbol es el deporte más conocido y extendido mundialmente. Debido a toda la atención que proporciona, durante el transcurso de los años, las botas han ido evolucionando en su forma, materiales y propiedades. En este trabajo se pretende demostrar que la tecnología implantada en las botas además del tipo de golpeo influye de manera notable en el rendimiento de los futbolistas profesionales.

Este deporte tal como lo conocemos a día de hoy surgió en 1863 en el Reino Unido. Se juega en un campo de entre 90 m hasta 120 m de largo por 45 m hasta 90 m de ancho conforme a unas reglas establecidas por la International Football Association Board (IFAB). Se enfrentan dos equipos compuestos por diez jugadores de campo y un portero. Para jugar se necesita un balón el cual cada equipo tiene que intentar meterlo en la portería el máximo número de veces en el tiempo reglamentario (90 minutos).

Para anotar los goles que determinarán el resultado del partido, los jugadores suelen utilizar el tiro con el empeine y el tiro con el interior que se componen de una serie de movimientos que son básicos para la correcta ejecución de estos disparos.

Para analizar la parte de la precisión y velocidad al golpear el balón recogimos las estadísticas de tiros y pases de varias temporadas de fútbol y seleccionamos a los futbolistas más precisos en cada ámbito para ver cómo llevan esta teoría a la práctica para buscar la manera más efectiva de marcar goles, y para analizar la parte de la evolución en la tecnología en las botas recogimos los datos de varias temporadas completas sumando todos los goles para ver si con el avance de la tecnología también incrementaba el número de goles anotados.

Las conclusiones más importantes derivadas de los resultados son que los tiros con el interior son más precisos que los tiros con el empeine, pero en cambio, el balón en los tiros con el empeine llega a portería con mayor velocidad. Además, se llega a la conclusión de que las botas y su nueva tecnología no tienen una gran relación con anotar más goles ya que lo fundamental para eso son las buenas acciones defensivas y las tácticas empleadas por los equipos.

Por último, también desmentimos el falso mito de que es más eficaz golpear fuerte al balón golpeándolo con la puntera que con el empeine.

Palabras clave: fútbol, botas, golpeo, empeine, interior, balón parado, precisión, velocidad

2. ABSTRACT

Football is the most well-known and widely played sport worldwide. Due to the considerable attention it receives, over the years, football boots have evolved in their shape, materials, and properties. This work aims to demonstrate that the technology embedded in the boots, in addition to the type of striking technique, significantly influences the performance of professional footballers.

The sport, as we know it today, originated in 1863 in the United Kingdom. It is played on a field ranging from 90 m to 120 m in length by 45 m to 90 m in width, following rules established by the International Football Association Board (IFAB). Two teams, each consisting of ten outfield players and a goalkeeper, compete against each other. To play, a ball is required, and each team must attempt to score it into the goal as many times as possible within the regulation time (90 minutes).

To score goals that determine the match outcome, players often use instep shots and inside shots, which involve a series of movements essential for the proper execution of these shots. To analyze the precision and speed when striking the ball, we collected statistics on shots and passes from various football seasons, selecting the most accurate players in each area to observe how they put these theories into practice to find the most effective way to score goals. Additionally, to examine the evolution in boot technology, we gathered data from several complete seasons, totaling all the goals to determine if technological advancements corresponded to an increase in the number of goals scored.

The most significant conclusions drawn from the results indicate that inside shots are more accurate than instep shots, although instep shots propel the ball towards the goal at a higher speed. Furthermore, it is concluded that boots and their new technology do not have a strong correlation with scoring more goals, as good defensive actions

and team tactics are fundamental for this purpose. Lastly, we debunk the false myth that striking the ball forcefully with the toe is more effective than using the instep.

Keywords: football, boots, striking, instep, inside, set-piece, precision, speed

3. INTRODUCCIÓN

El fútbol, como el deporte más popular y extendido globalmente, ha experimentado una evolución marcada, no solo en tácticas y estrategias, sino también en la técnica individual de los jugadores. En la investigación de (Lees & Nolan, 1998), expone que esta evolución se ve profundamente influenciada por el análisis detallado de los tipos de golpes al balón y la correlación directa con el tipo de calzado utilizado.

La interacción esencial entre el jugador y el balón, constituye el núcleo mismo del fútbol. Los distintos tipos de golpes, desde un pase preciso hasta un potente disparo a portería o un regate elegante, son manifestaciones de la destreza técnica y la versatilidad de los futbolistas. Cabe destacar que el calzado desempeña un papel crucial en la ejecución eficaz de estos movimientos, influyendo en aspectos cruciales como la precisión, la potencia y la agilidad del jugador (Hennig, 2011).

Este trabajo de investigación se embarca en el apasionante campo del análisis de los tipos de golpes al balón y la relevancia de las botas en el fútbol contemporáneo. Conforme a los hallazgos de estudios previos, como los de (Butler et al., 2014), de análisis biomecánicos. Se busca arrojar luz sobre la manera en que estas variables inciden en el rendimiento de los futbolistas en diversas situaciones de juego.

La comprensión profunda de los mecanismos subyacentes de los golpes al balón y su intrínseca relación con el calzado, como argumentan diversos autores (Hennig, 2011; Butler et al., 2014) constituye el propósito central de este estudio. A través de este enfoque, se pretende proporcionar información valiosa para entrenadores, jugadores y diseñadores de botas, contribuyendo de manera significativa al desarrollo continuo de estrategias y herramientas que optimicen el desempeño en el campo de juego

4. JUSTIFICACIÓN

Hacemos este proyecto sobre una de las cosas que más amo. Desde que era pequeño me encanta el fútbol, nunca olvidaré la primera vez que pisé un campo de fútbol, el ambiente y el ánimo que había en el estadio fue una sensación que no se olvida. Desde ese momento, el fútbol siempre ha sido mi pasión, tanto en los momentos buenos como en los malos cuando tenía que desahogarme o simplemente para relajar la mente. Por ello, para mí el fútbol es lo más grande del mundo, es algo extraordinario y fantástico. El fútbol no es simplemente un deporte, es más que un sentimiento.

Por otra parte, practico este deporte en el que suelo jugar en la parte ofensiva del juego. Uno de mis referentes es Kaoru Mitoma, un jugador de fútbol japonés que juega de delantero en el Brighton & Hove Albion. Él hizo una tesis sobre el regate en el fútbol analizando los movimientos y las destrezas para sobrepasar a los rivales. Por eso nos gustaría hacer algo similar en este trabajo, pero en lugar de analizar el regate analizaremos el golpeo de balón y las maneras más efectivas para tener más éxito a la hora de hacer pases y marcar goles. Recogiendo estadísticas para ver los jugadores más efectivos en cada ámbito y ver de qué manera golpean el balón para mostrar esta eficacia.

Creemos que este trabajo es importante para ver cómo se puede mejorar la preparación física de los profesionales, y con ello, que se desarrollen nuevas tácticas para ver un fútbol con más goles, ya que se ha visto un descenso en los goles cuando creemos que si la tecnología en las botas avanza, los goles marcados también deberían crecer. Asimismo ver los detalles de las botas, para ver la fabricación de estas y ver si hay una posible mejora apreciable en los materiales.

Además, nos motiva mucho saber que el fútbol es un deporte que gusta a mucha gente y creemos que este proyecto puede acercarse bastante al interés del público.

Finalmente, también hemos querido hacer esta investigación porque hay una creencia popular que dice que la manera más fuerte de golpear el balón es con la puntera, aunque otra gente propone que se golpea más fuerte con el empeine, y por eso, queremos ver de qué manera se golpea más fuerte realmente.

5. OBJETIVOS

En este proyecto vamos a analizar las botas de fútbol y los distintos modos de golpear el balón, de manera que se vea si hay alguna mejoría en el rendimiento, es decir, ser más efectivo y preciso en los pases y conseguir marcar más goles. Los objetivos generales son los siguientes:

- Conocer la manera más efectiva a la hora de ser preciso para ajustar el disparo y los pases.
- Conocer la manera más efectiva para golpear el balón con más fuerza y desmentir el falso mito de que se golpea más fuerte con la puntera.
- Conocer la manera más efectiva de marcar goles a balón parado.
- En relación con el objetivo 9 de la agenda 2030 en el apartado de innovación ver cómo afecta esta a las botas de fútbol y el rendimiento en los profesionales.

Mientras que los objetivos específicos son:

- Descubrir si con la nueva tecnología en las botas de fútbol hay también una mejoría en la hora de marcar goles.
- Desmentir el falso mito de que se pega más fuerte con la puntera.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. EL FÚTBOL

HISTORIA

El fútbol moderno empieza en 1863, cuando se estableció el primer reglamento oficial, el cual originó muchas discusiones debido a su normativa. Debido a estas discusiones, el fútbol tradicional desapareció de varios lugares menos en el Reino Unido, donde siempre se siguió practicando este deporte en las escuelas y siguió evolucionando para ir dándole una serie de normas hasta la actualidad. (Uyá Esteban, 2019)

¿CÓMO SE JUEGA?

En el partido se enfrentan dos equipos conformados por 11 jugadores con el objetivo de ganar marcando más goles que el equipo contrario sin utilizar los brazos para desplazar el balón a excepción del portero que puede tocar el balón con la mano en su área. Los partidos duran 90 minutos divididos en dos partes de 45 minutos con un descanso en-

tre ellos de 15 minutos. Los árbitros serán las personas que hagan respetar las normas del juego impuestas por la International Football Association Board (IFAB) (International Football Association Board, 2023)

TERRENO DE JUEGO

La superficie del terreno puede ser tanto césped artificial como natural pero siempre tiene que ser de color verde.

El campo de fútbol deberá ser rectangular con una línea en el centro del campo dividiendo el rectángulo inicial en dos partes iguales, tendrá dos áreas y dos porterías formadas por dos palos verticales separados por 7,32 m y uno horizontal a 2,44 m del suelo colocado justo encima de los otros dos uniéndolos sin sobresalir por la parte exterior. (Ver medidas y aclaraciones en la figura 1) (International Football Association Board, 2023)

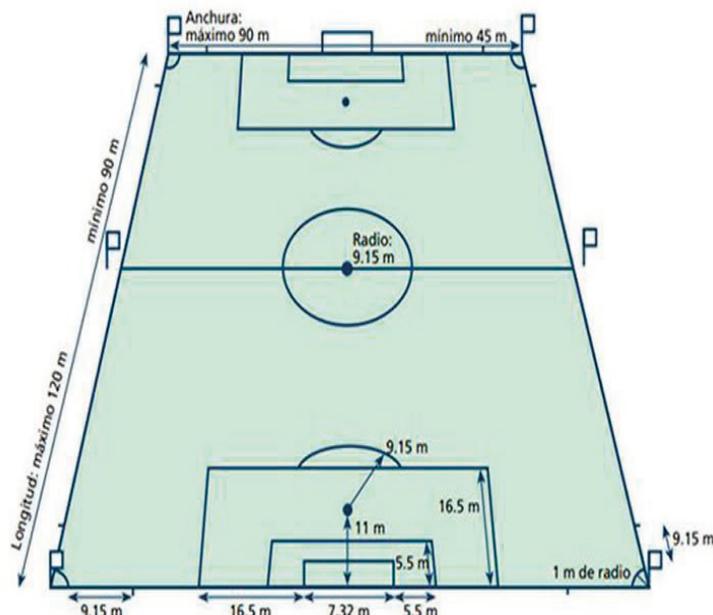


Figura 1. Esquema de un campo de fútbol y sus dimensiones.

Fuente: posiciondegol.com

6.2. EL BALÓN

Según la IFAB (2023), se juega con un balón que tiene que tener ciertas características:

1. Sea esférico.
2. Estar hecho de cuero o cualquier otro
3. material que sea adecuado.

4. Que su diámetro esté entre 0,68 m y 0,7 m.
5. Que su peso esté entre 410 g y 450 g.
6. Que su presión esté entre 0,6 atm y 1,1 atm.



Figura 2. Balón reglamentario. a) Balón Serie A 22/23; b) Balón Bundesliga 22/23; c) Balón LaLiga 22/23; d) Balón Premier League 22/23. Fuente: a) Modificado @lionstore_py. b) Modificado Instagram @derbystar. c) Modificado @lionstore_py. d) Modificado Instagram @futebolmotion.

6.3. TIPOS DE BOTAS

Las botas de fútbol son zapatos diseñados específicamente para la práctica de este deporte. Su principal característica es poseer en su suela tacos que incrementan el agarre a la superficie sobre la que se juega (Páez, 2020).

Este tipo de calzado cumple dos funciones:

1. Proteger al jugador minimizando el riesgo a lesiones.
2. Mejorar el rendimiento del jugador dentro del terreno de juego como el control y golpeo de balón, cambios de ritmo y dirección, o la velocidad.

CATEGORÍA DE GAMAS

Según Páez (2020), las botas de fútbol se pueden clasificar en tres categorías distintas, estas categorías se relacionan con las propiedades funcionales y tecnologías que posean las botas, y con ello el precio de la misma.

- **Gama baja:** La gama baja es la gama de botas de fútbol que presenta menos tecnología y comodidad, y está dirigida a jugadores que estén aprendiendo el deporte o que lo practiquen de forma no competitiva. Los materiales que conforman esta bota de fútbol son en su totalidad sintéticos, lo que hace que sean botas duraderas en comparación a las de gamas para profesionales.



Figura 3. Bota de gama baja. Fuente: Adidas

- **Gama media:** La gama media de las botas de fútbol presentan una mayor tecnología que la gama baja. Esta gama de botas va dirigida principalmente a futbolistas en etapa de formación con un nivel competitivo alto. Sus materiales suelen ser en su mayoría sintéticos (de mejor calidad que los de la gama de iniciación) y algunas veces estos son combinados con materiales naturales como pieles vacunas.



Figura 4. Bota de gama media. Fuente: Adidas

- **Gama alta:** La gama alta cuenta con la mayor tecnología para brindar un alto rendimiento y confort y van dirigidas a los futbolistas profesionales con el más alto nivel de competencia. Sus materiales suelen ser sintéticos y naturales, usando plásticos altamente resistentes y a la vez ligeros y pieles delgadas y resistentes como la piel de canguro. A pesar de que la piel es un material idóneo en cuanto a calidad para la fabricación de botas de fútbol, las grandes marcas han desarrollado tecnologías para lograr un rendimiento similar con materiales sintéticos y de esta forma evitar el uso de materiales provenientes de animales.



Figura 5.
Bota de gama alta.
Fuente: Adidas

NUEVOS MODELOS: Adidas ha sacado recientemente este nuevo modelo de botas llamadas “X STRUNG”, una innovación textil revolucionaria, un material muy dinámico para adaptar a las necesidades de los deportistas. Estas botas permiten colocar con precisión cada hilo en la dirección elegida, aportando unas propiedades específicas a cada parte de la bota. De estas botas no hay apenas datos ni estudios científicos, ya que han salido al mercado muy recientemente (10 de noviembre de 2023). (Fútbol Emotion, 2023)



Figura 6. Bota nuevo modelo experimental. Modificado adidas
Fuente: Adidas

6.4. PARTES DE LAS BOTAS

Según la mayoría de los autores (Páez, 2020; Olaso Melis, 2015) las botas de fútbol se componen de las siguientes partes:

- **Tacos:** Los tacos están ubicados en la suela de las botas de fútbol. Proveen un mayor agarre y tracción entre el jugador y la superficie, para que este no resbale y corra con mayor velocidad. Pueden ser de diferentes formas, cilíndricos o alargados, y deben ser planos para evitar que al chocar con otro jugador se produzcan heridas graves. Hay dos estilos de tacos y es importante saber cuál usar para evitar lesiones graves.



Tacos de césped natural o artificial alto. Menos tacos y más altos para más tracción. permiten clavarse y agarrarse al campo.



Tacos de césped artificial bajo. También llamados “multitacos”. Más tacos y más bajos que dan una menor tracción, permiten un agarre al campo pero no clavarse.

Figura 7. Tipos de tacos en las botas. Fuente: Adidas

De forma general las características de los tacos en función del terreno de juego son las mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 1. Tipos de tacos en las botas. (Elaboración propia).

Botas para terreno	Nº de tacos	Altura	Dureza	Material
Césped artificial	****	*	*	Polimérico
Duro	***	**	**	Polimérico
Firme	**	***	***	Polimérico
Blando	*	****	****	Metal

Muy baja *; Baja **; Media ***; Alta idoneidad ****.

- **Suela:** La suela es la parte inferior del calzado y la parte donde se ubican los tacos. Asegura tracción y durabilidad y determina factores como la flexibilidad, estabilidad y peso general del calzado.
- **Entresuela:** La entresuela es una estructura rígida que se ubica justo encima de la suela. Sirve para absorber el impacto generado al correr, pero su función principal es la de evitar movimientos antinaturales del pie.

- **Plantilla:** La plantilla es la superficie donde descansa el pie, está ubicada justo encima de la entresuela. Proporciona comodidad, amortiguación y soporte del arco. Suele ser removible y esponjosa.
- **Talonera:** La talonera es un refuerzo de la bota de fútbol localizada en el área del talón. Su función principal es mantener al pie centrado y estable y además protege el talón de posibles golpes durante el juego.
- **Corte/Empeine:** El corte es la parte de la bota de fútbol que cubre al pie. Influye en la comodidad del calzado, el soporte y la protección del pie.
- **Lengüeta/ Calcetín:** La lengüeta es un recubrimiento de espuma en caso de la lengüeta y de tela en caso del calcetín ubicado en el empeine para que este no se lastime al golpear el balón.
- **Forro:** Los forros son utilizados para revestir el interior del corte. Entre sus funciones se destacan: dar un buen acabado al producto, reforzar el corte, absorber humedad, brindar confort y proporcionar protección.



Figura 8. Esquema general de las partes de la bota.

Fuente: Modificado de Páez, 2020 y modificado de Adidas

- **Cordaje:** El cordaje es el sistema de acordonado de la bota de fútbol. Sirve para que el jugador pueda tener control de qué tan ajustada al pie quiere tener la bota. También existen los modelo “laceless”, que no tiene sis-

tema de acordonado pero se acomodan directamente al pie. Y el sistema de cordaje lateral, el cual muestra que el cordaje está hacia el lateral de la bota para no interferir en el empuje y la tracción con el balón.



Figura 9. Tipos de cordaje en las botas. a) bota con cordaje; b) bota sin cordaje; c) bota de cordaje lateral. Fuente: Adidas

MATERIALES USADOS PARA ESTAS BOTAS DE FÚTBOL:

→ **Corte:** Para el corte de las botas de fútbol se usan diferentes materiales, unos naturales como pieles (cuero o piel de canguro debido a que es la más delgada y resistente a la vez), y otros sintéticos como cuero sintético (poliuretano).

Ventajas:

- La piel tiene la capacidad de encogerse o estirarse, lo que permite que la bota de piel se acople de mejor manera al pie del jugador.
- También permite un mayor agarre y una menor fricción cuando entra en contacto con el balón y por lo tanto facilita el control, desplazamiento con el balón y golpeo de precisión.

Desventajas:

- Las botas de piel no son impermeables y esto genera que al jugar en condiciones climáticas lluviosas, las botas absorban agua. Al estar mojadas, aumentan su peso y cambian su forma, lo que reduce la comodidad.
- Las botas de piel requieren un mayor cuidado que las botas de material sintético. Tienes que hidratarlas con grasa, limpiarlas y secarlas después del uso.
- Además, son más delicadas, disminuyendo su durabilidad, en especial cuando son usadas en terrenos de pasto sintético, porque el material se debilita haciendo que este se despegue con mayor facilidad de la suela.

→ **Tejidos:** (fibras de poliéster con recubrimiento de poliuretano)

Ventajas:

- Los materiales sintéticos usados en las botas de fútbol son impermeables, evitando que aumenten su peso o cambien su forma al jugar en condiciones climáticas lluviosas.
- Son materiales más livianos que las pieles.
- No requieren cuidados posteriores al uso, y resisten mejor en el pasto sintético.
- Se les pueden aplicar colores con mayor facilidad que a las pieles.

Desventajas:

- No son tan flexibles como las pieles naturales, perdiendo acople al pie y reduciendo la comodidad.

→ **Suela:** Las suelas de las botas de fútbol son fabricadas de diferentes tipos de plástico, tales como nylon, termo poliuretano, pebax, policloruro de vinilo y algunas veces de fibra de carbono. Siempre buscando como requisito un material flexible, duro, impermeable y resistente a la abrasión.

→ **Tacos:** Los tacos de las botas de fútbol son fabricados a partir de los mismos materiales usados para la fabricación de la suela. Sin embargo, también pueden ser fabricados con aluminio para campos de césped natural. Las características principales de los tacos deben ser su dureza y texturas lisas.

→ **Entresuela:** La entresuela de las botas de fútbol debe ser fabricada con materiales rígidos por la función de estabilidad que debe cumplir. Es por esto que los materiales usados para esta parte de la bota suelen ser plásticos duros como el policloruro de vinilo, polietileno de alta densidad o polipropileno.

→ **Plantilla:** Para la fabricación de la plantilla es necesario usar materiales espumosos de dureza baja capaces de absorber el impacto, ser flexibles, cómodos y absorber el sudor corporal tales como el Etilvinilacetato, la espuma de látex y el poliuretano flexible.

→ **Talonera:** La principal característica de la talonera es su dureza, por lo que pueden usarse para su fabricación los mismos materiales que se usan para la fabricación de piezas como la entresuela. Sin embargo, algunas botas de fútbol juntan la talonera con la suela, usando para la talonera el mismo material de la suela.

- **Forro:** Los materiales usados en la fabricación del forro de las botas de fútbol pueden ser pieles naturales, pieles sintéticas y/o material textil.
- **Lengüeta:** La lengüeta de las botas de fútbol es parte del corte, por ende, el material del corte será el mismo que el de la lengüeta. Sin embargo, algunas lengüetas poseen un recubrimiento de espuma para amortiguar el impacto entre el pie y el balón.
- **Calcetín:** En caso de que la bota vaya con el calcetín incorporado este suele ser de tela para hacer un efecto de doble calcetín unido a la media de futbolista para imprimir más fuerza al balón.

6.5. TIPOS DE GOLPEO/ DISPARO

El golpeo de balón es la acción en la que una parte de nuestro cuerpo habitualmente el pie contacta con el balón para desplazarlo en alguna dirección, sentido y con una determinada velocidad. Para ello se aplica una fuerza que se transmite de nuestro cuerpo al balón a través de la superficie de contacto. (Garrido López, 2021)

Hay varios tipos de disparos y según con qué parte del pie y en qué zona del balón se golpee tendrá una dirección, un sentido, una fuerza y una velocidad. (Living4Football, 2023)

- ▶ **Tiro raso:** Se le denomina al tiro que va a ras del suelo.
- ▶ **Tiro con el empeine:** Es un tiro con la zona del corte de la bota y de los cordones normalmente para darle más fuerza al disparo.



Figura 10. Golpeo de empeine. (Elaboración propia).

- ▶ **Tiro con el interior:** Es un tiro con la zona interior del pie normalmente para darle más control al disparo.



Figura 11. Golpeo con el interior. (Elaboración propia).

- ▶ **Tiro con el exterior:** Es un tiro con la zona exterior del pie normalmente para darle efecto al disparo y no usar la pierna menos hábil.



Figura 12. Golpeo con el exterior. (Elaboración propia).

- ▶ **Tiro con efecto:** Es un tiro que adquiere efecto y se desvía de una trayectoria recta. Para este tiro se puede utilizar tanto la parte interior del pie como la exterior impactando con la parte de fuera del balón.
- ▶ **Knuckleball:** Es un tiro con efecto que se efectúa con la parte interior de la bota golpeando en la parte frontal del balón de un lado al otro para darle este tipo de efecto tan llamativo.

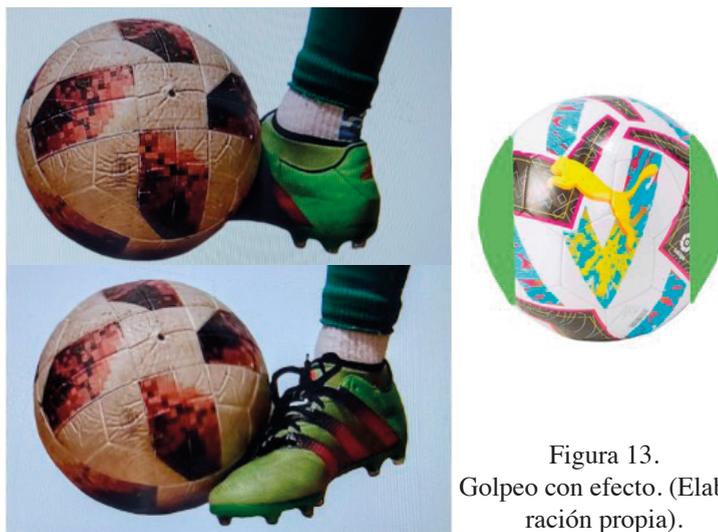


Figura 13. Golpeo con efecto. (Elaboración propia).

- ▶ **La volea:** Es una técnica usada cuando cae un balón desde lo alto empalmado con la pierna en el aire usando la parte del empeine para conseguir un tiro potente.
- ▶ **El tiro a bote pronto:** Es una variante de la volea que consiste en golpear la pelota justo cuando acaba de botar en terreno de juego y sube.



Figura 14. Golpeo de volea.

Fuente: Modificado de Instagram @ferranjutglablanch

- ▶ **Rabona:** Tiro que se efectúa con la parte del empeine o la puntera del pie cruzando la pierna con la que se golpea por detrás de la pierna de apoyo. (Si se golpea en la parte verde saldrá hacia arriba mientras si golpeas en otra parte del esférico saldrá más recto o hacia abajo).



Figura 15. Golpeo de rabona. (Elaboración propia).

- ▶ **La chilena:** Se trata de un tiro muy complicado, en primer lugar el balón debe estar en el aire y el jugador de espaldas a la portería. Este deberá saltar de tal manera que pueda posicionar su cuerpo boca arriba y golpear el balón con el empeine antes de caer al suelo.
- ▶ **La tijera:** Es una variante de la chilena, pero con la diferencia de que el jugador se encuentra de lado hacia la portería, utilizando una pierna como pivote.



Figura 16. Golpeo de chilena.
Fuente: Modificado de Instagram @garnacho7

- ▶ **La vaselina:** Tiene lugar cuando un jugador eleva el balón por encima de la cabeza del portero o la defensa. Este disparo se consigue usando la parte de la puntera impactando suavemente en la parte más baja del balón.



Figura 17. Tiro de vaselina. (Elaboración propia).

- ▶ **Taconazo:** Tiro que se efectúa de espaldas a la portería con la parte de atrás del pie, es decir, con el taco. (Si se golpea en la parte verde saldrá hacia arriba mientras si golpeas en otra parte del esférico saldrá más recto o hacia abajo).

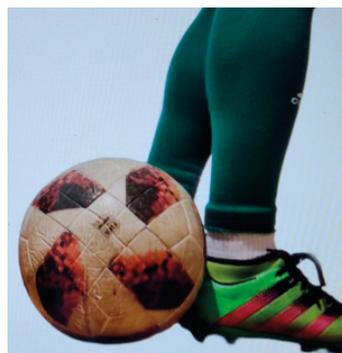


Figura 18. Golpeo de tacón. (Elaboración propia).

Tiros con el balón parado:

1. **El tiro de falta:** Se lleva a cabo cuando el árbitro señala alguna infracción, pudiendo ser directo o indirecto.
2. **El tiro de penalti:** Se produce cuando existe una infracción dentro del área de un equipo por parte del contrario. El tiro se realizará desde el punto de penalti situado a once metros de la portería.
3. **El saque de córner:** Se produce cuando el balón sale por la línea de la portería y el último jugador que toca el balón es del equipo defensor. El tiro/saque se realizará desde el córner situado en la esquina del rectángulo de juego.
4. **El saque de puerta:** Se produce cuando el balón sale por la línea de la portería y el último jugador que toca el balón es del equipo atacante. El tiro/saque se realizará desde el área pequeña normalmente por el portero.

Hay algunos puntos en la bota que cuando se golpea el balón a balón parado principalmente en las faltas hay un porcentaje mayor (entre 58% - 86%) de que este acabe entrando en la portería siendo con el interior del pie proporcionando un efecto por la parte de fuera de la barrera. (Fuss et al., 2018)

El golpeo se podría dividir en varias fases (Lozano Zapata & Barajas Ramón, 2013; González et al., 2007):

1. La carrera de acercamiento al balón (fase de aproximación), que consiste en el movimiento para aproximarse al balón y termina justo antes del pre-apoyo.



Figura 19. Fase de carrera al balón. (Elaboración propia).

2. El Pre-Apoyo (fase de aproximación), que es el último paso con la pierna antes de colocar el pie de apoyo y termina con el contra-movimiento.



Figura 20.
Fase de pre-apoyo.
(Elaboración propia).

3. El Contra-Movimiento (fase ejecución, final), es el movimiento del pie justo antes de apoyarlo para determinar la dirección del balón desarrollándose en un ámbito aéreo y termina cuando el pie se apoya en el suelo.



Figura 21.
Fase de contra-movimiento.
(Elaboración propia).

4. El Apoyo (fase ejecución), es el movimiento del pie justo cuando se apoya en el suelo para equilibrarse en el momento de disparar el balón, terminando cuando empieza el descenso de la pierna.



Figura 22. Fase de apoyo.
(Elaboración propia).

5. El Descenso de la pierna (fase ejecución), es el movimiento de la pierna desde arriba hacia el balón imprimiendo toda la fuerza que se le quiera dar al balón en ella, terminando cuando la pierna impacta con el balón.



Figura 23.
Fase del descenso de la pierna
(Elaboración propia).

6. El Impacto (fase ejecución), es el momento en el que el pie impacta con el balón produciéndose un contacto con el balón y desplazandolo hacia donde haya sido direccionado y termina cuando se pierde el contacto entre el pie y el balón.



Figura 24.
Fase de impacto.
(Elaboración propia).

7. La salida del balón y acompañamiento del cuerpo (fase final), momento en el que se pierde el contacto completo con el balón produciendo una proyección angular.



Figura 25.
Fase de salida del balón y
acompañamiento del cuerpo.
(Elaboración propia).

7. METODOLOGÍA

En primer lugar, investigaremos sobre los distintos modos de golpear el balón, el tipo de botas y sus materiales, y lo relacionaremos comparando el número de goles con el paso del tiempo para ver si existe cierta mejoría de la tecnología en las botas en cuanto a las estadísticas.

En segundo lugar, veremos las estadísticas de los goles de una temporada cada década para ver si con el tiempo hay más o menos goles a medida que la tecnología de las botas avanza, ya que la mejoría de la tecnología no cambia mucho de año en año pero seguramente si había más cambios de década en década. Y tras ello, miraremos las mismas estadísticas de los goles de las últimas 12 temporadas de las 4 mejores ligas según el Ranking de la FIFA, para ver si en un pasado más cercano si existe esa mejoría, ya que se ha ido obteniendo una mejor tecnología para mejorar la propia tecnología de las botas.

Luego analizaremos las estadísticas de las últimas 7 temporadas (que es desde donde se puede sacar información precisa sobre estas estadísticas) de los mejores jugadores comprobando su porcentaje de pases acertados, disparos a puerta, goles, pases progresivos y fuerza del golpeo entre otros estableciendo unos parámetros mínimos para ayudarnos a seleccionar a los jugadores con mejores estadísticas.

Tras analizar estas estadísticas las dividiremos en dos campos diferentes con algunos subcampos:

◆ Campo 1: Tiros

1. Tiros y goles en general
2. Tiros a balón parado (faltas y penaltis)
3. Tiros desde fuera del área

◆ Campo 2: Pases

1. Pases generales
2. Pases progresivos
3. Pases lejanos
4. Centros

Comparar la manera de golpeo de balón de estos jugadores seleccionados y la relación de lo estudiado a partir de vídeos de los futbolistas profesionales para ver la certeza que hay entre la teoría y la práctica.

8. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

En primer lugar, quisimos ver si con el avance del tiempo y la nueva tecnología que se utiliza en la fabricación de botas de fútbol, había alguna variación en cuanto a mejoría o un empeoramiento en el momento de marcar goles. Para ello comparamos las 4 mejores ligas de fútbol según la FIFA, seleccionando una temporada de cada década para

ver la evolución de los goles de estas y ver si el paso del tiempo y la implantación de unas botas “mejoradas” daban mejores resultados también.

Gráficas de los goles de las ligas a lo largo de la historia:

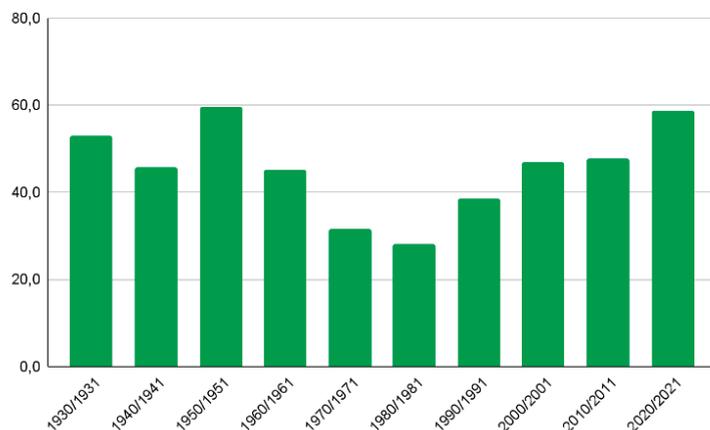


Figura 26. Goles Serie A de década en década. (Elaboración propia).

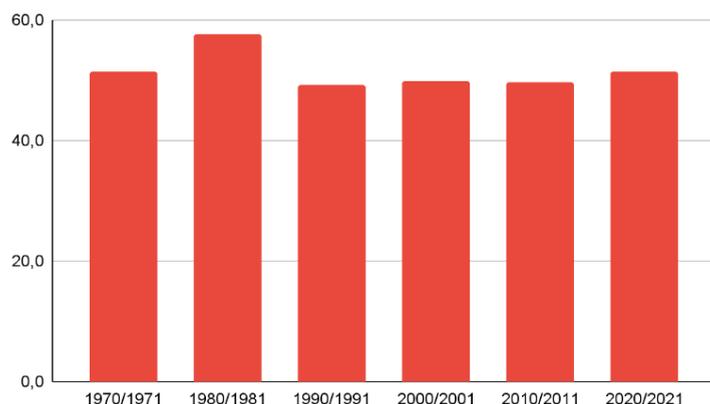


Figura 27. Goles Bundesliga de década en década. (Elaboración propia).

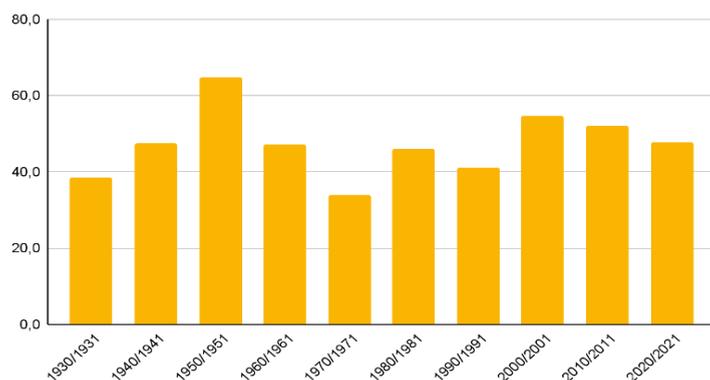


Figura 28. Goles LaLiga de década en década. (Elaboración propia).

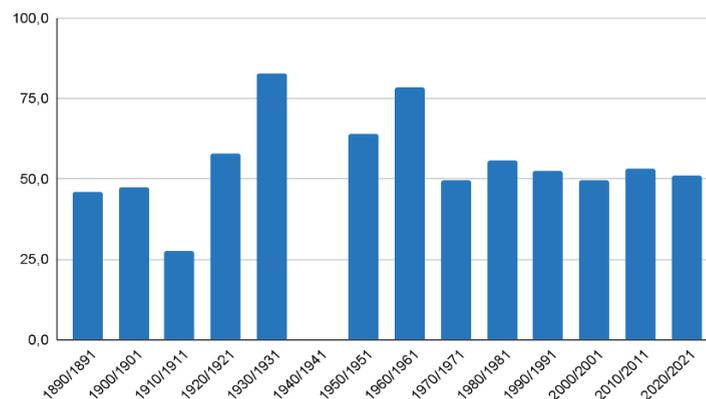


Figura 29. Goles Premier League de década en década. (Elaboración propia).

Tras recoger los datos y hacer las tablas, las metimos todas en un gráfico para compararlas y averiguar si existe alguna relación entre los goles marcados y el paso del tiempo.

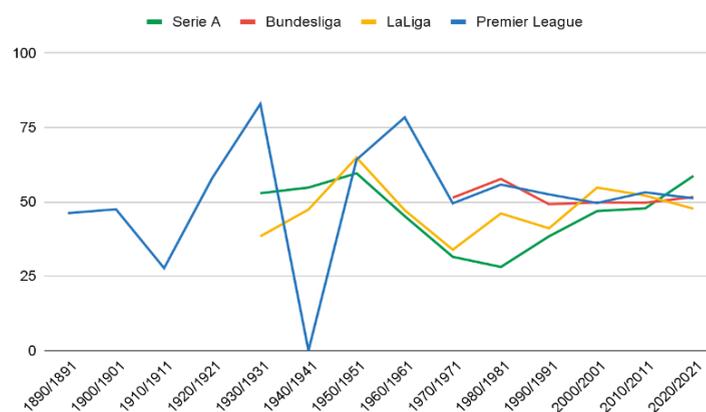


Figura 30. Media de goles Serie A, Bundesliga, LaLiga y Premier League comparadas de década en década. (Elaboración propia).

Tras ello, quisimos ver si en un pasado más reciente también tenía alguna repercusión por lo que recogimos los datos de las estadísticas de los goles de las últimas 12 temporadas de las mismas 4 ligas para ver si en este tiempo más cercano hay más o menos goles a medida que la tecnología de las botas avanzan.

Gráficas de los goles de las ligas últimos 12 temporadas:

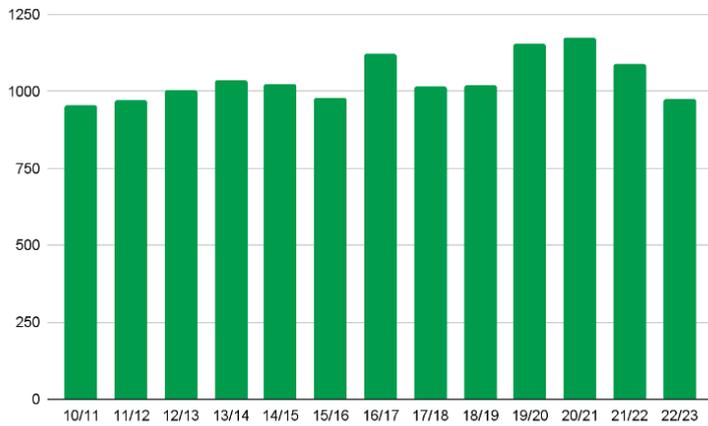


Figura 31. Goles Serie A en las últimas 12 temporadas. (Elaboración propia).

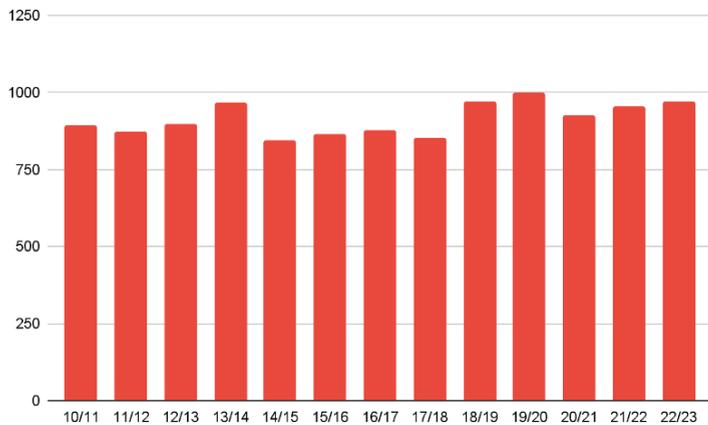


Figura 32. Goles Bundesliga en las últimas 12 temporadas. (Elaboración propia).

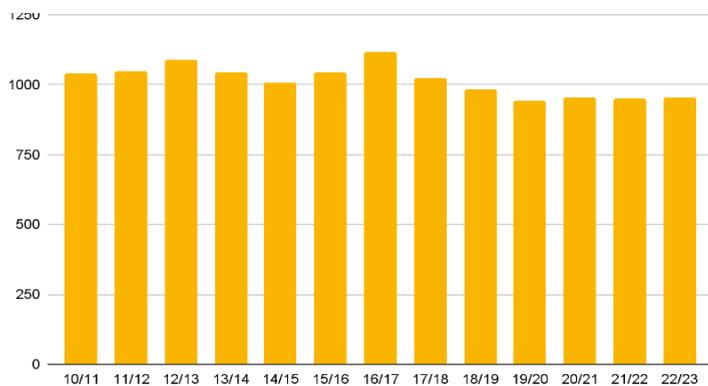


Figura 33. Goles LaLiga en las últimas 12 temporadas. (Elaboración propia).

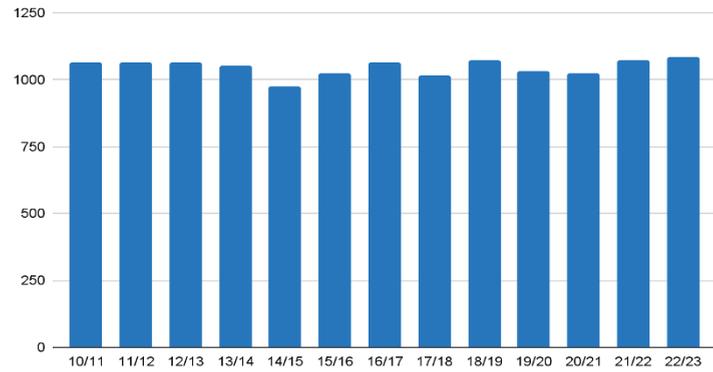


Figura 34. Goles Premier League en las últimas 12 temporadas. (Elaboración propia).

Volvimos a juntar las tablas en otra gráfica para compararlas y estos fueron los resultados.

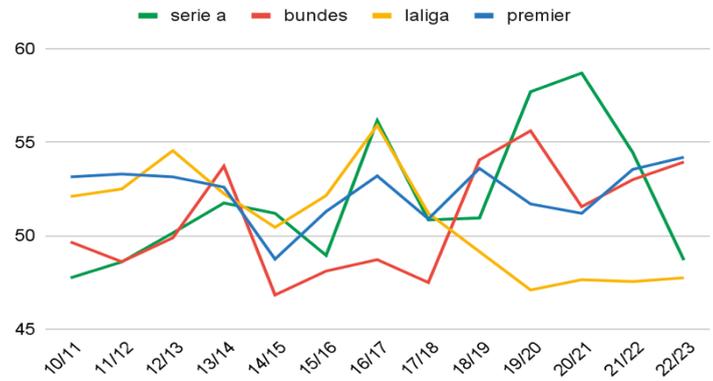


Figura 35. Media de Goles Serie A, Bundesliga, LaLiga y Premier League en las últimas 12 temporadas. (Elaboración propia).

Luego analizamos las estadísticas de las últimas 8 temporadas en el caso de los tiros y las últimas 6 en cuanto a los pases (que es desde donde se puede sacar información precisa sobre estas estadísticas) de los mejores jugadores comprobando su porcentaje de pases acertados, disparos a puerta, goles, pases progresivos y fuerza del golpeo entre otros estableciendo unos parámetros mínimos para ayudarnos a seleccionar a los jugadores con mejores estadísticas.

Como se ha mencionado en la metodología estas estadísticas las dividiremos en dos campos diferentes con algunos subcampos:

◆ Campo 1: Tiros

- 1). Tiros y goles en general
- 2). Tiros desde fuera del área
- 3). Tiros a balón parado (faltas y penaltis)

◆ Campo 2: Pases

- 1). Pases generales
- 2). Pases progresivos
- 3). Pases lejanos
- 4). Centros

Tras tener el análisis de todas las estadísticas seleccionamos las mejores muestras siendo los jugadores que más puntos obtengan y los que más números de apariciones tengan en las tablas disponibles en los anexos. El sistema de puntaje está disponible en los anexos. (Véanse las estadísticas y las tablas desde el anexo V hasta el anexo XII)

Tabla 2. Mejores muestras para los tiros. (Elaboración propia).

Jugador goles generales	Puntos	Jugador goles penaltis	Puntos	Jugador goles faltas	Puntos	Jugador goles lejanía	Puntos
Lewandowski	8	Lewandowski	5	Messi	6	Papu Gómez	6
Kane	7	Immobile	4	Dybala	4	Insigne	6
Cristiano Ronaldo	7	Cristiano Ronaldo	4	Ward-Prowse	5	Ward-Prowse	5
	X>6		X>3		X>3	Dybala	6
						Maddison	5
						Valverde	5
							X>4

(Dybala y Ward-Prowse no entran en tiros lejanos ya que también están en el apartado de faltas y quitando los goles de faltas de más de 20 m ambos quedarían fuera del mínimo de la tabla de goles lejanos)

Tabla 3. Mejores muestras para los pases. (Elaboración propia).

Jugadores pases generales	Puntos	Jugador centros	Puntos	Jugador pases progresivos	Puntos	Jugador pases área completados	Puntos
Kroos	191	Kostic	5	Luis Alberto	5	De Bruyne	5
Kimmich	181	Navas	3	Xhaka	5	Messi	5
De Bruyne	138	Angeliño	3	Kroos	6		
	X>130		X>=3	Parejo	6		
					X>=5		

Finalmente, de las muestras seleccionadas en las tablas anteriores se estudiará mediante vídeos en los que se muestra como se golpea el balón en cada uno de ellos, de manera que se intentará relacionar los modos de golpeo de balón de los jugadores y la eficacia para obtener el objetivo final que es marcar un gol.

9. DISCUSIÓN

Desde los inicios (1890) hasta 1990, hay una amplia diferencia entre las distintas ligas. Si bien es verdad que en la mayoría de casos se comportan de maneras parecidas (todas bajan o suben los mismos años), la dispersión es muy alta para determinar que la influencia sea debido a las botas. Pero a partir de 1990 se igualan los datos habiendo una menor dispersión (ver figura 30).

En la figura 35 se grafica la media de goles por temporada, se puede destacar que según avanzan las temporadas cada liga se comporta de manera distinta. Desde la temporada 10/11 hasta la 13/14 la Premier League y LaLiga se mantienen aproximadamente constante, mientras que en la Serie A y la Bundesliga aumenta el número de goles. Desde la temporada 14/15 hasta la 15/16 hay un descenso del número de goles en todas las ligas. Desde la 15/16 hasta la siguiente, la 16/17, vuelven a incrementar el número de goles en todas las ligas. Y desde la 16/17 hasta la 17/18 vuelve a tener un descenso. Pero a partir de la temporada 18/19, hay una dispersión más grande y los comportamientos de las gráficas son distintos, desde la 18/19 hasta la 20/21 todas bajan menos la Serie A, que por el contrario, ascienden sus cifras y luego desde la 20/21 hasta la 22/23 todas vuelven a tener subidas menos la Serie A que baja sus cifras goles anotados drásticamente.

Viendo las gráficas, no encontramos ninguna relación relevante, por lo que podemos determinar que las botas si afectan al rendimiento del jugador ya que por comodidad y tecnología se han mejorado, como comenta (Linthorne et al., 2015) exponiendo que las botas siendo más ligeras son más cómodas para los futbolistas. Pero no afecta al rendimiento en cuanto a los disparos y goles coincidiendo con los estudios realizados por (Sterzing et al., 2009; Moschini & Smith, 2012). Y por tanto como decían (Pertsukhov & Shalenko, 2020), tiene más relevancia las acciones defensivas y las tácticas de los distintos equipos. Se puede ver en sus estudios que demuestran que se marcan más goles desde el 75' hasta el 90'. Estos minutos que son los últimos 15 del tiempo reglamentario explican que hay una mayor fatiga de los jugadores y eso favorece que las acciones defensivas sean peores por lo que los goles llegan a través de errores y malas acciones defensivas, más que por las botas.

Además como cada equipo en cada liga utiliza estrategias diferentes esto puede explicar las alteraciones tan variadas en los goles de cada liga.

En cuanto a los tiros a balón parado, en primer lugar hablaremos de los penaltis. El primer jugador mencionado en la tabla 2, Robert Lewandowski comentó en una entrevista en 2019 que lo realmente importante para tirar un penalti es estar concentrado. “...tienes todo a tu favor porque el portero antes de tirar el penalti solo ocupa un 20% de la portería, de manera que si tiras entre los tres palos tienes muchas posibilidades de marcar...”.



Figura 36. 20% de la portería ocupada por el portero.

En los 3 futbolistas con mayor eficacia apreciamos que en la gran mayoría de los penaltis se tiran con la parte interior del pie. Con el interior se tiene un mayor dominio sobre el balón para poder precisar los disparos, y así poder alejarlo más de la posición del guardameta. Por otro lado, jugadores con una menor eficacia tiran los penaltis con otras superficies del pie como el empeine aportando más fuerza al disparo que precisión lo que resta eficacia al penalti. Por eso (Ravenscroft & Linthorne, 2015) exponen que la velocidad de la pelota era insensible a la ubicación del punto de impacto. Por eso, los jugadores deberían considerar otros factores como la precisión, la confiabilidad del tiro y la comodidad del pie. Otros autores (Kellis & Katis, 2007; Castellanos et al., 2014) comentan que muchas veces un disparo fuerte y rápido no garantiza un mejor tiro.



Figura 37. Tiros de penalti de los jugadores más eficaces. a) Cristiano Ronaldo; b) Ciro Immobile; c) Robert Lewandowski.

Fuente: a) Modificado de Instagram @cristiano. b) Modificado de Instagram @_r19. c) Modificado de Instagram @ciroimmobile17.

En segundo lugar, en las faltas los profesionales están de acuerdo con la investigación de (Fuss et al., 2018) diciendo que es mejor tirar las faltas por fuera de la barrera y proporcionando un efecto al balón para que después de sobrepasar la barrera por el lateral vuelva a coger dirección hacia la portería, y al igual que los penaltis cuanto más alejado del portero vaya el disparo más dificultades va a tener para detenerlo. En su estudio (Asai et al., 2002a), explican la rotación máxima y el equilibrio entre la velocidad del balón y el efecto del mismo para diferentes distancias de compensación. En sus investigaciones el funcionamiento de los efectos cuando el balón está en vuelo, la distancia de compensación del impacto del pie y los aspectos meteorológicos que pueden alterar esta curva (Asai et al., 2002b).



Figura 38. Tiros de falta de los jugadores más eficaces. a) Lionel Messi; b) Paulo Dybala; c) James Ward-Prowse

Fuente: a) Modificado de Instagram @leomessi. b) Modificado de Instagram @paulodybala. c) Modificado de Instagram @prowsey16.

Por último, respecto a los tiros lejanos vemos que en los disparos desde fuera del área, los jugadores usan más la zona del empeine para imprimirle más fuerza al balón. En una entrevista en 2022, Federico Valverde comentaba "...cuando golpeo con el empeine imprimo más fuerza al balón y con eso consigo que el balón obtenga una mayor

velocidad...". Esto sucede porque el balón entra en contacto con una zona más amplia del pie, teniendo una mayor superficie de contacto y ejerciendo más fuerza sobre el balón y por tanto una aceleración mayor para obtener más velocidad en los disparos (Nunome et al., 2012; Shinkai et al., 2009; Ishii et al., 2012).



Figura 39. Tiros lejanos de los jugadores más eficaces. a) Federico Valverde; b) Lorenzo Insigne; c) James Maddison; d) Papu Gómez
Fuente: a) Modificado de Instagram @fedevalverde. b) Modificado de Instagram @lorinsigneofficial. c) Modificado de Instagram @madders. d) Modificado de Instagram @papugomez_oficial.

Para finalizar, en referencia a los pases no hemos podido encontrar una relación directa entre ellos, ya que hay muchos factores que afectan al jugador externos a él, por ejemplo la presión de los rivales, el posicionamiento de la defensa, y los desmarques de los compañeros, que provoca muchas variaciones en los tipos de golpeo al balón para realizar un pase preciso. Pero según (Kroos & Kroos, 2022), uno de los dos, el futbolista profesional Tony Kroos, que es el jugador que más puntos ha obtenido en las tablas, habla en su podcast de como golpear al balón para ser más preciso. Nombran el interior para los pases cortos y de media distancia, y el empeine con el posicionamiento hacia atrás del cuerpo para dirigir el balón por arriba de forma recta sin desviaciones para los pases de larga distancia. Como menciona en su estudio (Rubiono & Qiram, 2018) que hay una relación de la posición del cuerpo y el ángulo con el que se abre la pierna para efectuar mejores golpes al balón.



Figura 40. Pases (centros al área). a) Jesús Navas; b) Filip Kostic; c) Angeliño.

Fuente: a) Modificado de Instagram @jnavas16. b) Modificado de Instagram @filipkostic. c) Modificado de Instagram @angelino_69.



Figura 41. Jugadores más eficaces en pases generales. a) Kevin De Bruyne; b) Joshua Kimmich; c) Tony Kroos.

Fuente: a) Modificado de Instagram @kevindebruyne. b) Modificado de Instagram @jok_32. c) Modificado de Instagram @toni.kr8s.

10. CONCLUSIONES

En conclusión, no se ha encontrado una relevancia de los tipos de botas en relación a los goles anotados, y pensamos que tiene más relevancia las distintas tácticas y acciones defensivas de los equipos, pero para el análisis de la innovación en estas botas obtenemos mejores resultados de manera indirecta por la comodidad y tecnología ampliados respecto a las botas del pasado.

Si desmentimos el falso rumor de que se golpea más fuerte al balón con la puntera, puesto que los jugadores cuando quieren que el balón obtenga una mayor velocidad y para ello deben golpear más fuerte el esférico (en los tiros lejanos), suelen usar el empeine en lugar de la puntera.

Además, observamos que la mejor manera de efectuar los disparos a balón parado es con el interior del pie, para tener una mejor precisión que es lo más importante en este tipo de acciones a balón parado.

Finalmente, en relación a los pases tampoco hemos con-

seguido relaciones directas, debido a los motivos externos a los futbolistas aunque según el jugador con mejor precisión en este tipo de acciones comenta en su podcast que se usa el interior para pases inferiores a unos 30 m y para pases de más de 30 m es preferible usar el empeine.

Durante la investigación han surgido algunas dificultades y limitaciones que han hecho más difícil este trabajo. Algunos de los problemas han sido:

- La recolección de muchos datos para minimizar los posibles errores teniendo que hacer muchas tablas.
- Dificultad de encontrar información sobre la tecnología en las botas ya que las empresas prefieren mantener ocultos algunos secretos para que otras empresas no mejoren sus diseños.
- Dificultad para conseguir imágenes en las que poder apoyar los resultados.

11. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Durante la investigación surgieron algunas dudas nuevas sobre el tema propuesto. Por eso, las próximas líneas de investigación que se sugieren son:

- Estudiar el nuevo modelo de botas “X STRUNG” y comparar con las anteriores.
- Estudio de las lesiones en función del tipo de botas.
- Estudiar la evolución de la tecnología en los guantes de los porteros y el rendimiento de los mismos (paradas, estiradas...) ante los futbolistas.
- Buscar posibles fuentes de financiación para realizar un estudio a gran escala con big data.

12. BIBLIOGRAFÍA

adidas. (2023). adidas Página Oficial España | Ropa Deportiva. Retrieved December 14, 2023, from <https://www.adidas.es/>

AS. (2023). AS. AS.com - Diario online deportivo. Fútbol, motor y mucho más. Retrieved December 14, 2023, from <https://as.com/>

Asai, T., Carré, M., Akatsuka, T., & Haake, S. (2002). The curve kick of a football I: impact with the foot.

- Asai, T., Carré, M., Haake, S., & Akatsuka, T. (2002). The curve kick of a football II: flight through the air.
- Butler, R.J., Russell, M.E., & Queen, R. (2014). Effect of soccer footwear on landing mechanics. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 129-135. 10.1111/j.1600-0838.2012.01468.x
- Castellanos, O. L., Farhadi, S. A., & Suarez, A. D. (2014). Motion Analysis and Biomechanics of the Side-Foot Soccer Kick. *ceroacero*. (2023). *ceroacero.es* :: Porque todos los partidos empiezan así... Retrieved December 14, 2023, from <https://www.ceroacero.es/>
- Estadísticas e Historia del Fútbol. (2023). FBref.com. Retrieved December 14, 2023, from <https://fbref.com/es/>
- Fuss, F.K., Düring, P., & Weizman, Y. (2018). Discovery of a Sweet Spot on the Foot with a Smart Wearable Soccer Boot Sensor That Maximizes the Chances of Scoring a Curved Kick in Soccer. *Frontiers in physiology*. 10.3389/fphys.2018.00063
- Fútbol Emotion. (2023). Tienda de fútbol. Fútbol Emotion. Retrieved December 14, 2023, from <https://www.futboleemotion.com/>
- Garrido López, G. (2021). Análisis biomecánico de la pierna de golpeo en el golpeo de balón de fútbol sala.
- González, J. A., Molina, E., & Corazza, D. (2007). Fundamentos biomecánicos de la técnica del chut en fútbol: análisis de parámetros cinemáticos básicos. *Educación física Chile*, 266(266), 29-34.
- Hennig, E.M. (2011). EM. The influence of soccer shoe design on player performance and injuries. *Research in sport medicine*, 19(3), 186-201. 10.1080/15438627.2011.582823
- Infogol. (2023). Marcadores, partidos y consejos de apuestas de fútbol. Infogol. Retrieved December 14, 2023, from <https://www.infogol.net/es>
- International Football Association Board. (2023). Laws of the Game 23/24. IFAB.
- Ishii, H., Yanagiya, T., Naito, H., Maruyama, T., & Katamoto, S. (2012). Theoretical study of factors affecting ball velocity in instep soccer kicking.
- Kellis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *Journal of Sports Science and Medicine*.
- Kroos, T., & Kroos, F. (2022). Einfach mal Luppen. Alemania. Retrieved 12 16, 2023, from <https://einfach-mal-luppen.podigee.io/>
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). La biomecánica del fútbol: una revisión. *Revista de ciencias del deporte*, 16(3), 211-234. 10.1080/026404198366740
- Linthorne, N., Cripps, S., & Byrne, J. (2015). Adding mass to the shoe does not affect ball velocity in a soccer penalty kick. *Living4Football*. (2023). *Living4Football*. Retrieved December 18, 2023, from <https://www.living4football.club/futbol/tirar-a-porteria/>
- Lozano Zapata, R. E., & Barajas Ramón, Y. (2013). Determinación y valoración cinemática en el lanzamiento del tiro libre preferencial en el fútbol. 1(5).
- MARCA. (2023). MARCA - Diario online líder en información deportiva. Retrieved December 14, 2023, from <https://www.marca.com/>
- Moschini, A., & Smith, N. (2012). Effect of shoe mass on soccer kicking velocity. 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports – Melbourne.
- Nunome, H., Shinkai, H., & Ikegami, Y. (2012). 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports – Melbourne. Ball impact kinematics and dynamics in soccer kicking.
- Olaso Melis, J. (2015). Innovación y Botas de Fútbol. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Páez, N. (2020). AFIC BOTAS DE FÚTBOL.
- Pertsukhov, A., & Shalenko, V. (2020). FEATURES OF EFFECTIVE GOAL SHOTS BY FOOTBALL PLAYERS IN GAMES OF HIGH LEVEL TEAMS. 8(2), 17-28.
- Ravenscroft, J. C., & Linthorne, N. (2015). Effect of the location of the foot impact point on ball velocity in a soccer penalty kick.
- Rubiono, G., & Qiram, I. (2018). The Effect of Foot Angle in Soccer Ball Kick Due to Ball Trajectory. *Journal of Physical Education, Health and Sport*, 5(2), 63-68.
- Shinkai, H., Ikegami, Y., & Nunome, H. (2009). Ball impact dynamics of instep soccer kicking.
- Sofascore. (2023). Sofascore. Sofascore: Football - scores, schedule & odds. Retrieved December 14, 2023, from <https://www.sofascore.com/>
- Sterzing, T., Müller, C., Hennig, E., & Milani, T. (2009). Actual and perceived running performance in soccer shoes: A series of eight studies. *Footwear Science*, 1(1), 5-17.
- Uyá Esteban, M. (2019). Breve historia del fútbol. Ediciones Nowtilus.
- WhoScored. (2023). Whoscored.com: Estadísticas de Fútbol | Resultados de Fútbol en Directo. Retrieved December 14, 2023, from <https://es.whoscored.com/>

ANEXOS

Todas las tablas son elaboraciones propias con datos obtenidos de: Sofascore, 2023; AS, 2023; Estadísticas E Historia Del Fútbol, 2023

Para ver todas las tablas, datos y gráficos con detalle, se puede acceder a estos enlaces donde se podrán ver las hojas de cálculo de elaboración propia usadas para este trabajo.

Tabla de datos de la Serie A: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1pPRu5hamRsF278aX7Cq7hRNIAdJzOK2tzWdNuR-2GgtY/edit?usp=sharing>

Tabla de datos de la Bundesliga: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1QZ1p_Nyv7dUX2FKnVVn2PkcNhmVDV-ZOHi10rtmi1dJc/edit?usp=sharing

Tabla de datos de LaLiga: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1E51xXe2ocHH0ci0gcSPI_KpTt6Ox0C16bgg0mwyoi-bA/edit?usp=sharing

Tabla de datos de la Premier League: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1uVyNwn3U8IsYqLtylkb1ZAJrHSD5Tj0caC-Qh8FpURto/edit?usp=sharing>

Tabla de datos de comparación de ligas: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/14gQghV39655NJOKmggkxkDkYLfTB8n-IEj5RubuAH9v4Y/edit?usp=sharing>

A continuación se proporciona un ejemplo de cada anexo.

ANEXOS I-IV GRÁFICAS Y TABLAS DE COMPARACIÓN DE GOLES DE LAS 4 MEJORES LIGAS.

ANEXO I TABLAS GOLES 4 MEJORES LIGAS HISTÓRICAMENTE.

Tabla 5. Bundesliga goles históricamente.

Bundesliga	AÑO					
	1970/1971	1980/1981	1990/1991	2000/2001	2010/2011	2020/2021
EQ 1	77	89	72	82	87	99
EQ 2	74	73	74	85	84	80
EQ 3	61	70	48	62	81	75
EQ 4	52	60	83	54	49	81
EQ 5	54	61	80	58	52	89
EQ 6	44	68	57	54	47	53
EQ 7	43	89	50	53	48	50
EQ 8	54	54	47	49	48	64
EQ 9	53	53	49	60	41	58
EQ 10	41	56	46	59	47	52
EQ 11	46	52	42	43	50	52
EQ 12	49	45	40	34	60	39
EQ 13	54	57	48	58	47	38
EQ 14	34	47	50	38	38	41
EQ 15	39	46	40	42	43	28
EQ 16	54	49	33	35	48	34
EQ 17	49	43	34	41	31	38
EQ 18	48	47	37	30	35	25
GOL TT	928	1039	888	897	894	928
PR GOL	51,44	57,72	49,22	49,83	49,87	51,56

EQ = Equipo
PR GOL = Promedio gol
GOL TT = Goles totales
(En la Premier League no se cuenta con la temporada 1940/1941 por la suspensión del torneo por la Primera Guerra Mundial)

ANEXO II TABLAS GOLES 4 MEJORES LIGAS

Tabla 10. Laliga goles últimas 12 temporadas.

Laliga	AÑO												
	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23
EQ 1	96	121	115	35	110	112	108	96	90	70	87	80	70
EQ 2	102	114	103	43	119	110	118	58	58	88	87	88	75
EQ 3	84	59	86	32	87	83	73	84	83	51	85	85	79
EQ 4	54	54	70	38	70	44	59	65	61	24	53	53	61
EQ 5	82	53	67	32	71	58	58	57	48	53	50	52	59
EQ 6	50	54	83	77	48	61	59	60	60	56	50	40	46
EQ 7	82	44	67	100	40	61	53	49	48	52	80	83	37
EQ 8	48	42	60	104	47	39	49	42	41	43	55	43	47
EQ 9	49	49	58	85	42	45	41	44	45	46	47	48	37
EQ 10	30	46	43	50	67	34	58	50	44	48	40	37	58
EQ 11	54	40	40	60	40	45	49	35	39	41	37	43	45
EQ 12	41	49	44	62	44	48	58	60	49	47	36	39	47
EQ 13	40	47	43	51	35	49	53	59	37	32	50	40	43
EQ 14	41	46	49	49	34	40	53	40	49	39	46	40	39
EQ 15	60	53	37	35	33	49	41	44	59	48	33	33	34
EQ 16	41	35	33	39	38	48	43	41	32	34	38	39	42
EQ 17	31	35	37	40	39	40	38	34	53	37	34	35	49
EQ 18	39	39	43	35	34	53	40	38	37	39	34	44	33
EQ 19	35	42	47	41	35	37	40	24	43	40	34	51	52
EQ 20	48	28	37	32	22	37	39	24	41	27	29	31	39
GOL TT	1042	1080	1091	1045	1069	1043	1118	1024	983	842	953	951	898
PR GOL	62,1	53,6	54,65	52,23	59,48	62,18	58,9	61,2	49,18	47,1	47,85	47,58	47,79

EQ = Equipo
PR GOL = Promedio gol
GOL TT = Goles totales

ANEXO III TABLA COMPARACIÓN GOLES 4 MEJORES LIGAS

Tabla 12. Comparación de goles de las 4 mejores ligas.

	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23	GT	MG & M/Eq & M/Jo & M/Pa
serie a	955	972	1003	1035	1024	979	1123	1017	1019	1154	1174	1089	974	13518	1039,8
serie a	47,75	48,6	50,15	51,75	51,2	48,95	56,15	50,85	50,95	57,7	58,7	54,45	48,7		51,99
serie a	2,51	2,56	2,64	2,72	2,69	2,58	2,96	2,68	2,68	3,04	3,09	2,87	2,56		2,74
serie a	25,13	25,58	26,39	27,24	26,95	25,78	29,55	26,76	26,82	30,37	30,89	28,66	25,63		27,38
bundes	894	875	899	967	843	866	877	855	973	1001	928	954	971	11902	915,54
bundes	49,67	48,61	49,89	53,72	46,83	48,11	48,72	47,6	54,06	55,61	51,56	53	53,94		50,86
bundes	2,63	2,57	2,64	2,84	2,48	2,55	2,58	2,51	2,86	2,94	2,73	2,81	2,86		2,69
bundes	26,29	25,74	26,41	28,44	24,79	25,47	25,79	25,15	28,82	29,44	27,29	28,06	28,58		28,93
laliga	1042	1050	1091	1045	1009	1043	1118	1024	983	942	963	951	955	13206	1015,8
laliga	52,1	52,5	54,55	52,25	50,45	52,15	55,9	51,2	49,15	47,1	47,65	47,55	47,75		50,79
laliga	2,74	2,76	2,87	2,75	2,66	2,74	2,94	2,69	2,69	2,48	2,51	2,5	2,51		2,67
laliga	27,42	27,63	28,71	27,50	26,55	27,45	29,42	26,96	25,87	24,79	25,08	25,03	25,13		26,73
premier	1063	1066	1063	1052	975	1026	1064	1018	1072	1034	1024	1071	1084	13612	1047,1
premier	53,15	53,3	53,15	52,6	48,75	51,3	53,2	50,9	53,6	51,7	51,2	53,66	54,2		52,35
premier	2,80	2,81	2,80	2,77	2,57	2,70	2,80	2,68	2,82	2,72	2,69	2,82	2,85		2,76
premier	27,97	28,05	27,97	27,68	25,66	27,00	28,00	26,79	28,21	27,21	26,95	28,18	28,53		27,55

1 = Goles al año según liga; 2 = Goles/equipo al año según liga; 3 = Goles/partido al año según liga; 4 = Goles/jornada al año según liga; GT = Goles totales; MG = Media goles; M/Eq = Media goles por equipo; M/Jo = Media goles por jornada; M/Pa = Media goles por partido

ANEXO IV GRÁFICAS COMPARACIÓN GOLES 4 MEJORES LIGAS

Comparación de las tablas:

En estas tablas no están ajustados los valores, debido a esto se ve que la Bundesliga parte con cierta desventaja por jugarse menos partidos en ella.

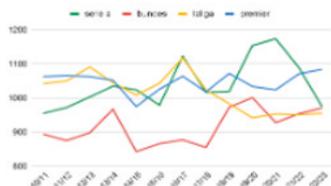


Figura 42. Goles/Temporada 4 mejores ligas.

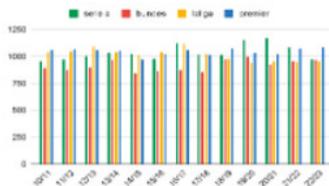


Figura 43. Goles/Temporada 4 mejores ligas.

A partir de aquí todas las tablas están ajustadas para que evitar desigualdades

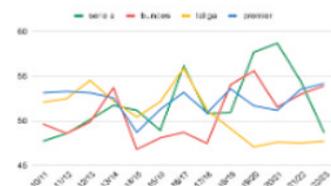


Figura 44. Media goles/Temporada 4 mejores ligas

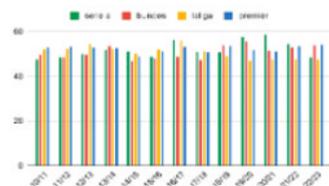


Figura 45. Media goles/Temporada 4 mejores ligas

ANEXO V-VIII TABLAS GOLEADORES EJEMPLO

Tablas de goleadores generales.

Tabla 68. Mejores goleadores LaLiga 15/16.

15/16 TIROS								
JUGADOR	TTotal	TP	%TP	gol	%gol respecto TP	%gol respecto TT	Tbloq	Tfuera
Suárez	137	70	51,09%	40	57,14%	29,20%	12	55
Cristiano Ronaldo	211	98	46,45%	35	35,71%	16,59%	31	82
Messi	158	75	47,47%	26	34,67%	16,46%	41	42
Neymar	124	61	49,19%	24	39,34%	19,35%	17	46
Benzema	98	51	52,04%	24	47,06%	24,49%	15	32
Griezmann	92	43	46,74%	22	51,16%	23,91%	17	32
Aduriz	93	49	52,69%	20	40,82%	21,51%	10	34
Bale	81	36	44,44%	19	52,78%	23,46%	11	34
Rubén Castro	103	48	46,60%	19	39,58%	18,45%	21	34
Borja Bastón	93	42	45,16%	18	42,86%	19,35%	17	34
Lucas Pérez	100	50	50,00%	17	34,00%	17,00%	15	35
El Arabi	70	34	48,57%	16	47,06%	22,86%	12	24
Gameiro	72	39	54,17%	16	41,03%	22,22%	11	22

TTotal = Tiros totales, mínimo 50

TP = Tiros a puerta, mínimo 25

% TP = Porcentaje de tiros a puerta respecto a los tiros totales, mínimo 40%

gol = Goles, mínimo 15

% gol TP = Porcentaje de goles respecto a los tiros a puerta, mínimo 33%

% gol TT = Porcentaje de goles respecto a los tiros totales

Tbloq = Tiros bloqueados

T fuera = Tiros fuera

Tablas de goleadores a balón parado.

Tabla 75. Mejores goleadores a balón parado LaLiga 16/17.

16/17 TIROS FALTA				16/17 TIROS PENALTI			
JUGADOR	GFalta	Intentos Falta	Eficacia	JUGADOR	GPenalti	Intentos Penalti	Eficacia
Sandro	3	9	33,33%	Messi	6	7	85,71%
Lemos	3	10	30,00%	Cristiano Ronaldo	6	8	75,00%
Messi	2	37	5,41%	Iago Aspas	6	6	100,00%
Iago Aspas	2	9	22,22%	Aduriz	5	5	100,00%
Íñigo Martínez	2	8	25,00%	Adrián González	5	5	100,00%
Cop	2	4	50,00%				

Goles Falta, mínimo 2 (si la eficacia es 100% se reduce a 1)

Goles Penalti, mínimo 5

Tablas de goleadores de tiros lejanos.

Tabla 77. Mejores goleadores de tiros lejanos LaLiga 22/23.

22/23 TIROS LEJANOS				
JUGADOR	GFA	gol	%GFA	distancia media tiro (m)
Valverde	4	7	57,14%	22,7
Isi Palazón	3	9	33,33%	24,6
Gudelij	3	3	100,00%	25,8
Baena	3	6	50,00%	22,6
Kroos	2	2	100,00%	25,4
Darder	2	6	33,33%	22,6
edu Expósito	2	2	100,00%	24,7
Lejeune	2	4	50,00%	28
Carles Pérez	2	3	66,67%	21,8
Asensio	2	9	22,22%	21,5
Brais	2	8	25,00%	21,4

GFA = Goles fuera del área, mínimo 2

(Si distancia media tiro = "no disponible", %GFA tendrá que ser > 25%)

ANEXOS DE PASES: En todos las ligas se comparan los pases y la eficacia de la misma manera y se obtienen los puntos de igual manera simplemente los parámetros mínimos en la bundesliga se baja un poco ya que hay menos partidos de esta para que estén todas las ligas ajustadas.

- Pcomp = Pases Completados.
- PTot = Pases Totales.
- %PA = Pases Acertados .
- PClave = Pases Clave (pases que acaban con un disparo).
- 1/3 = Pases en el último tercio del campo rival.
- PA = Pases al área completados.
- Centros A comp = Centros al área completados.
- PprogCom = Pases progresivos completados.

Sistema de colores:

- En los pases generales:
 - Si superan los parametros mínimos = color verde.
 - Si no los superan = blanco/otro color.
- En los pases por distancia
 - Si superan el 90% = color verde .
 - Si superan el 80% = color amarillo.
 - Si superan el 70% = color naranja.
 - Si no superan el 70% = color rojo.
 - Si superan el promedio (colocado donde hay una interrupción entre jugadores o al final) = color azul.

Sistema de Puntos:

- Si está el recuadro en verde +5 puntos.
- Si está el recuadro en amarillo +3 puntos.
- Si está el recuadro en naranja +2 puntos.
- Si está el recuadro en rojo +1 puntos.
- Si está el recuadro en azul +1 puntos.
- Si el recuadro tiene otro color o está en blanco +0 puntos.

La única excepción se encuentra en los PTot y %PA que para sumar puntos ambos tienen que estar del mismo color.

ANEXOS IX-XII TABLAS PASES EJEMPLO

Tabla 111. Mejores pasadores Serie A 21/22.

21/22 PASES GENERALES								
JUGADOR	Pcomp	PTot	%PA	P.Clave	1/3	PA	Centros Acomp	PprogComp
Maxime Lopez	2357	2599	90,7%	49	254	15	4	236
Rrahmani	1835	2015	91,1%	5	83	3	0	81
Škriniar	1982	2134	92,9%	9	105	11	2	100
Brozović	2401	2608	92,1%	35	264	29	9	263
Çalhanoğlu	1480	1823	81,2%	88	183	53	16	184
Deulofeu	756	1089	69,4%	83	63	73	1	154
Berardi	996	1402	71,0%	82	102	65	7	183
Luis Alberto	1626	1970	82,5%	65	235	44	5	223
Fabián	1969	2196	89,7%	32	219	32	2	220
Barella	1554	1876	82,8%	64	191	84	16	231
Freuler	1486	1728	86,0%	23	178	38	4	208
Biraghi	2080	2600	80,0%	72	145	64	38	171
Perišić	1079	1510	71,5%	57	75	59	26	126
Candрева	1296	1948	66,5%	78	138	76	31	201
Cristante	1484	1818	81,6%	24	247	21	3	231
Insigne	1208	1509	80,1%	63	78	55	3	150
		X>2000 Y>90%	X>80	X>175	X>55	X>30	X>220	
De Vrij	1439	1571	91,6%	0	61	3	0	72

Tabla 112. Mejores pasadores por distancia Serie A 21/22.

21/22 DISTANCIA PASES									
JUGADOR	Pases cortos (5 m<x<15 m)			Pases medios (15 m<x<30 m)			Pases largos (x>30 m)		
	Pcomp	PTot	%PA	Pcomp	PTot	%PA	Pcomp	PTot	%PA
Maxime Lopez	1271	1338	95,0%	849	927	91,6%	155	199	77,9%
Rrahmani	795	850	93,5%	861	905	95,1%	155	215	72,1%
Škriniar	791	843	93,8%	967	1009	95,8%	199	238	83,6%
Brozović	980	1044	93,9%	1058	1122	94,3%	315	361	87,3%
Çalhanoğlu	649	713	91,0%	577	668	86,4%	218	356	61,2%
Deulofeu	409	481	85,0%	241	322	74,8%	66	156	42,3%
Berardi	436	526	82,9%	380	504	75,4%	147	230	63,9%
Luis Alberto	896	986	90,9%	553	631	87,6%	115	235	48,9%
Fabián	1057	1132	93,4%	654	719	91,0%	190	230	82,6%
Barella	824	916	90,0%	552	641	86,1%	125	191	65,4%
Freuler	728	796	91,5%	621	697	89,1%	85	131	64,9%
Biraghi	846	918	92,2%	942	1095	86,0%	263	480	54,8%
Perišić	515	616	83,6%	413	557	74,1%	127	221	57,5%
Candрева	617	730	84,5%	397	600	66,2%	221	444	49,8%
Cristante	531	621	85,5%	709	811	87,4%	221	315	70,2%
Insigne	672	738	91,1%	370	457	81%	127	225	56,4%
	728,2	814,1		601,6	701,5		152,0	241,4	
De Vrij	485	523	92,7%	819	855	95,8%	122	167	73,1%

El poder de la música, un refugio para escapar del estrés diario

Mónica Galicia García

Tutor: Juan José Albaladejo Aparicio

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a Juanjo por dedicar su tiempo y esfuerzo en nuestras investigaciones. Su confianza y apoyo constante fueron esenciales para la realización de este trabajo.

A todos los profesores, quienes han ofrecido su ayuda voluntaria y nos han apoyado en todo momento.

A mis compañeros, les doy las gracias por hacer de este trayecto una experiencia más divertida y enriquecedora.

Un agradecimiento especial a mi familia y seres queridos por su apoyo incondicional día tras día, sin ellos, este proyecto no habría sido posible.

A Nuria Rodriguez, musicoterapeuta, cuya creatividad y conocimiento han aportado una riqueza significativa al enfoque de las sesiones de musicoterapia.

También a todas las personas que participaron voluntariamente en las sesiones.

Por último, quisiera agradecer al I.E.S Guadarrama por respaldar el programa de excelencia que ha permitido la realización de este proyecto, gracias por brindarnos esta oportunidad de aprendizaje.

ÍNDICE

Agradecimientos	110
1. Resumen.	112
2. Abstract.	112
3. Introducción.	112
3.1 Justificación.	112
3.2 Hipótesis.	113
3.3 Objetivos.	113
4. Marco teórico.	113
4.1 La música y las emociones.	113
4.1.1 Funcionalidades de la música durante la Antigüedad.	113
4.1.2 Concepto de música y significado. Diferencia con el sonido.	114
4.1.3 Influencia de la música en nuestro estado emocional.	115
a) Teorías sobre el funcionamiento de las emociones.	115
b) Explicación neurofisiológica de las emociones.	116
c) El estrés: definición, tipos y funcionamiento.	118
d) La acción de los factores, estructuras y parámetros musicales sobre las emociones.	121
4.2 Musicoterapia.	122
4.2.1 Antecedentes históricos.	122
4.2.2 Definición.	123
4.2.3 Aplicaciones.	123
4.2.4 Efectos en el ser humano.	123
4.3 La música y nuestra mente/neurociencia.	124
4.3.1 Neuroquímica musical.	126
5. Metodología.	126
6. Recogida y análisis de datos.	127
7. Márgenes de error y complicaciones.	130
8. Conclusiones.	131
9. Próximas líneas de investigación.	132
10. Referencias bibliográficas.	132
11. Anexos.	134

1. RESUMEN

Este proyecto, investiga el impacto de la música en nuestras emociones, centrándose en su capacidad para reducir el estrés.

Comenzamos explorando las funciones musicales en la Antigüedad y distinguiendo el significado de la música de la simple emisión de sonidos. Se analizan diferentes teorías sobre el funcionamiento de las emociones, junto con su explicación neurofisiológica. Posteriormente, nos centramos en el estrés, definiéndolo y examinando cómo factores musicales afectan esta condición.

En otro plano, abordamos el campo de la musicoterapia, exponiendo sus antecedentes históricos, definición y diversas aplicaciones, mientras investigamos los diversos efectos que la música puede tener en el ser humano.

Como cierre del marco teórico, examinamos la relación entre la música y el cerebro desde la perspectiva de la neurociencia.

Para evaluar objetivamente la influencia de la música en la reducción del estrés diseñamos una sesión de musicoterapia en la que se recopilaron datos que fueron sometidos a un análisis. Los hallazgos resaltan la capacidad terapéutica de la música, proporcionando diversas conclusiones.

Palabras clave: música, emociones, musicoterapia, neurociencia y reducción de estrés.

2. ABSTRACT

This project investigates the impact of music on our emotions, with a particular focus on its ability to reduce stress.

We begin by exploring the musical functions in ancient times and distinguishing the meaning of music from the mere emission of sounds. Subsequently, we analyze different theories on the functioning of emotions, along with their neurophysiological explanation. Afterwards, we concentrate on stress, defining it and examining how musical factors affect this condition.

In another chapter, we address the field of music therapy, examining its historical background, definition, and various applications while investigating the diverse effects that music can have on the human being.

To conclude the theoretical framework, we examine the

relationship between music and the brain from a neuroscience perspective.

In order to objectively assess the influence of music on stress reduction, we designed a music therapy session and collected data for a thorough analysis. The collected results explain the therapeutic capacity of music, providing valuable conclusions.

Keywords: music, emotions, music therapy, neuroscience and stress reduction.

3. INTRODUCCIÓN

Vivimos en un mundo en el que el estrés y la ansiedad que generan los exámenes, los desafíos personales o la presión laboral, se han convertido en una constante en la vida de muchas personas. Para combatir el estrés existe, entre otros, un remedio que resulta efectivo: la música.

En este trabajo investigaremos cómo la música puede ser utilizada de manera terapéutica para reducir el estrés, y de qué modo puede utilizarse para obtener un bienestar emocional.

3.1 Justificación

La música ha sido un elemento presente a lo largo de la historia en diferentes culturas y civilizaciones. Aunque en la actualidad la vinculamos al ocio, mediante la investigación buscamos comprender más a fondo su potencial para influir positivamente en la salud mental y el equilibrio emocional de las personas. Si encontramos la relación existente entre la música y las emociones, la música podría brindarnos numerosos beneficios tanto a nivel individual como social.

Por otra parte, las emociones y sentimientos influyen en el rendimiento y el bienestar de los alumnos. Muchos de ellos sufren problemas de estrés y de ansiedad, y consideraríamos de gran importancia poder canalizarlos adecuadamente.

Mi interés por este tema de investigación surgió a través del trabajo de mi madre, que es auxiliar de enfermería, en una residencia de personas mayores. Ella me explicó cómo utilizan la música para mejorar el estado de vida de sus residentes, en sesiones de musicoterapia o haciendo uso de la música durante el día. Esa casual conversación, fue la que me inspiró para investigar sobre estrategias similares que podrían llegar a ser aplicadas en el entorno educativo.

3.2 Hipótesis

La música influye en nuestras emociones. Según qué tipo de música escuchemos y cómo lo hagamos nos afectará de maneras diferentes.

Una gran parte de los estudiantes sufren problemas de estrés. Estos problemas podrían reducirse gracias a un uso consciente y adecuado de la música, que podría aplicarse tanto en el centro como en su vida personal.

3.3 Objetivos

El objetivo primordial de mi investigación es conocer cómo la música puede influir en las emociones. Atendiendo a dicho conocimiento, enumeraré los objetivos generales del estudio:

1. Explicar la relación entre la música y nuestras emociones.
2. Analizar cómo los diferentes tipos de música influyen en las personas.
3. Contactar con un musicoterapeuta para llevar a cabo una sesión de musicoterapia de manera adecuada.

A partir de los objetivos generales pasaré a desglosar los objetivos específicos propuestos, en referencia a la hipótesis:

4. Realizar una sesión de musicoterapia con el fin de reducir el estrés de los estudiantes.
5. Analizar los niveles de estrés a los que están sometidos los adolescentes.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 La música y las emociones.

4.1.1 Funcionalidades de la música durante la Antigüedad.

La música ha acompañado a la humanidad a lo largo de toda su historia. Las diferentes civilizaciones han hecho uso de ella; de modo que la existencia del hombre está ligada a la existencia de la música y viceversa.

Ya en la remota Prehistoria fueron creados los primeros instrumentos musicales: tambores, maracas o flautas que nuestros antepasados usaban en su vida cotidiana. Posteriormente en las primeras civilizaciones de la Antigüedad en-

contramos diversas aplicaciones de la música, por ejemplo: para representaciones de teatro (China); en actos de culto, ceremonias y guerras (Mesopotamia) o en la vendimia y en el trabajo de campo, donde las bailarinas y flautistas acompañaban a los trabajadores (Egipto) (Mendivil, 2013).

Es, en cambio, en la Antigua Grecia donde la música toma un papel fundamental en la vida de sus ciudadanos. En las líneas siguientes comentaremos los elementos más significativos:

Durante la Grecia arcaica (siglo VIII hasta finales del siglo VI a.C) apenas disponemos de fuentes directas que detallen la funcionalidad, concepción y significado de la música en esta época; más allá de las obras de Homero y Hesíodo. En la *Ilíada*, por ejemplo, se relata cómo Aquiles había recibido una educación musical y cómo utilizaba la música en sus momentos de descanso. En el mismo periodo cronológico encontramos otros hechos referidos a la educación musical, dirigida a la aristocracia, que tuvieron lugar en las ciudades de Mitilene, Tebas y Esparta (Rodríguez, 2022).

En la isla de Lebos, en Mitilene, se encuentran restos materiales de los siglos VII y VI a.C pertenecientes a lugares de culto denominados *Thíasos*. Estos lugares estaban consagrados a las Musas, las Cárites (o Gracias) y Afrodita. Las jóvenes de alta nobleza asistían a los *Thíasos* con el fin de recibir una educación adecuada centrada en la música, el canto y la danza (Rodríguez, 2022).

En Tebas, en el siglo V a.C, se desarrolló una escuela especializada en la formación profesional y virtuosística, en torno al aulós, una doble flauta.

En este período, Esparta se convirtió en el área principal de la cultura musical griega. La educación se basó en la gimnasia y en la educación musical, otorgando gran importancia al cuidado del cuerpo y la mente. Según obras tradicionalmente atribuidas a Plutarco fue Terpandro, músico y poeta griego, quien estableció la enseñanza musical en Esparta a partir de la lectura de los mitos relacionados con figuras como Orfeo, Apolo, Marsias, Pan o Dionisio, donde las Musas y la música desempeñaban un papel central.

Entre los siglos VI y V a.C. surgieron grandes innovaciones musicales, debido a la expansión griega. En este ámbito, el poeta Píndaro no sólo formuló una teoría de ética musical, sino también promovió un conjunto de doctrinas, que serían conocidas como pitagorismo (Rodríguez, 2022).

Según la doctrina pitagórica, la música es un elemento activo en el universo que influye en el comportamiento y el estado de ánimo humano. Pitágoras fue un filósofo y matemático, a quien se le atribuye el descubrimiento de las leyes de los intervalos musicales regulares o las relaciones aritméticas de la escala musical. Creía en un poder místico de la música, capaz de atraer el alma. Para Pitágoras, el poder dinámico (o diferencia de niveles de volumen) de la música se relaciona con la fuerza mágica de las *nomoi*, leyes que están implícitas en la Naturaleza. Explorar la naturaleza, por lo tanto, implica entender los *nomoi* que gobiernan un universo perfecto y armónico, y esto se logra a través de la investigación científica de la música. La música se consideraba una disciplina que permitía revelar las leyes que gobernaban la naturaleza del universo. La idea central de Pitágoras es la "armonía de las esferas", que sostiene que, al escuchar música, estamos sintonizando con el alma del universo. La música permite al hombre descubrir las leyes que dirigen el movimiento del Universo, mientras participa de esa perfección y armonía que gobierna el Universo como un todo ordenado, *kosmos* (Rodríguez, 2022).

El pensamiento sobre la música y su papel en la formación del individuo y, por consiguiente, en la sociedad prosiguió su desarrollo en el período clásico, recibiendo la influencia de las concepciones homéricas y las pitagóricas.

Entre los siglos V y IV a.C., transcurre la época de la Grecia clásica, Atenas se convirtió en el centro de la vida musical y su género por excelencia fue la tragedia. La idea de virtud dejó de asociarse a la aristocracia y derivó en la educación como medio para alcanzarla, este hecho trajo consigo un ascenso social y económico de la clase media, lo que permitió a los hijos de las familias atenienses adquirir una educación musical. La educación musical en la *paideia* (educación) era impartida por *Kitharistes* (maestro de música), que enseñaba la música vocal mediante la poesía lírica y la música instrumental mediante la lira, la cítara y el aulós. Los conocimientos adquiridos permitían desempeñar un buen papel social, que igualmente contribuyen con la educación moral y cívica. Asimismo, a través del modo, ritmo y texto, la música permitía educar en el carácter de cada individuo, a través de su *ethos*. Aunque el poeta Homero definió la palabra *ethos* como "guardia, lugar donde viven animales o los refugios de los hombres"; posteriormente Aristóteles

le otorgó el sentido de "hábito, carácter o costumbre o conducta que el hombre desarrolla durante su vida". En la Real Academia Española, encontramos este término como "conjunto de rasgos y modos de comportamiento que conforman el carácter o la identidad de una persona o una comunidad". Esta teoría se atribuye a Damón de Atenas, músico y filósofo pitagórico del siglo V a. C., quien defendía que los ritmos y armonías poseían el poder de afectar al ethos de cada persona; sin embargo, fue transmitida por Platón, aunque también otros como Aristóteles o Plutarco. En su escrito político *Politeia (La República)*, Platón indicaba que ciertos tipos de música podrían incitar a una persona a actuar de una manera u otra, destacando su importancia en el ámbito educativo. Por ejemplo, defendía que la música *frigia* desarrollaba la templanza, y la dórica, el valor (Rodríguez, 2022).

Durante la Época Clásica, pues, comienza a plantearse la relación entre la música y el ser humano. Aunque estos aspectos continuarán evolucionando, por el momento interrumpimos el devenir histórico. A lo largo del apartado no hemos pretendido examinar cómo estas concepciones han modelado la historia musical o han evolucionado a lo largo del tiempo; sino que se ha pretendido destacar cómo interpretaciones musicales tan antiguas han dejado una huella perdurable en la forma en que la sociedad vive y valora la música. A fin de cuentas, los occidentales somos herederos del pensamiento grecolatino. Más adelante retomaremos la Historia para hablar sobre la musicoterapia.

4.1.2 Concepto de música y significado. Diferencia con el sonido.

Una vez vistas las conexiones entre la música y el ser humano durante la Antigüedad griega sería el momento de preguntarnos por el concepto de música. Desde el punto de vista etimológico la palabra música proviene del término griego *mousiké*, el "arte de las musas". Esta conexión resalta la importancia que se le atribuía a la música, por su gran utilidad en diversos aspectos de la vida, al ser un arte integral que fusionaba la música, la poesía y la danza (Rodríguez, 2022).

Las definiciones de la música se ven influenciadas por factores psicológicos, sociales, culturales e históricos. La diversidad de perspectivas lleva a la existencia de varias definiciones válidas para describirla. En cierto modo, ninguna

se puede considerar universal (Montalvo y Moreira 2016).

Según Betes de Toro citado en Pliego de Andrés (2000, p.230), “la música es el arte de los sonidos. Como arte, es una actividad humana e intencionada, que implica tanto a la expresión como a la percepción.” Además, afirma que “para tratar de entender lo que es la música hay que conocer su contexto, técnica, historia y estilo. Pero lo más importante tal vez sea su significado y eso se deriva en gran medida de las intenciones que inspiran.”

Por lo regular, la música se define como el arte de combinar los sonidos de una forma agradable. Organizando de una manera coherente sus sonidos y silencios surgen la melodía, la armonía y el ritmo, sus parámetros fundamentales (Iribarne, 2021):

- **Melodía:** las melodías se forman mediante la sucesión de sonidos y silencios, que suenan uno tras otro, organizados de manera que se percibe cada uno con su propia identidad y significado (Montalvo et al., 2016).
- **Armonía:** se refiere a la forma en que se combinan simultáneamente las notas musicales en acordes, pero también puede referirse a la estructura general de los acordes dentro de una pieza musical (Graber, 2001, citado por Iribarne, 2021).
- **Ritmo:** no solo se trata de la sucesión temporal de notas, sino de cómo se organizan y contrastan entre sí, a través de diferentes dinámicas, timbres y sonidos (Montalvo et al., 2016).

Expresado de una forma más concreta, la música es “sonido organizado”. Aunque la música comparte similitudes con el sonido, no son estrictamente lo mismo, tienen cualidades relacionadas pero diferentes. Mientras que la música posee un inicio y un fin definido, el sonido es una onda que se produce por la vibración de un cuerpo y que se propaga a través de un medio. Dentro de sus parámetros nos encontramos: la altura, la intensidad, la duración y el timbre, (Montalvo et al., 2016):

- **Altura:** se refiere al tono de las notas musicales, que pueden ser graves, medios o agudos, determinado por la frecuencia de la vibración sonora, medida en Hercios (Hz). Las notas graves tienen frecuencias más bajas que las notas agudas (Montalvo et al., 2016).
- **Intensidad:** determina si los sonidos son fuertes o suaves, representando la amplitud de la vibración sonora y

su unidad de medida es el decibelio (dB) (Montalvo et al., 2016). Se refiere al volumen que se percibe cuando se escucha música. Dependiendo de si el volumen es alto o bajo, la intensidad puede eliminar, reducir e incluso invertir los efectos generados por los demás parámetros (Iribarne, 2021).

- **Duración:** se relaciona con el tiempo en segundos que dura la vibración sonora. En un sentido más amplio, puede referirse al tiempo entre un sonido y otro, asociándose musicalmente al concepto de ritmo (Montalvo et al., 2016).
- **Timbre:** se refiere al sonido distintivo de los instrumentos o las voces; el que nos permite identificarlos (Montalvo et al., 2016).

Lo maravilloso de la música es que existe únicamente en el cerebro. Todo comienza cuando las vibraciones de una sola nota viajan por el aire y hacen vibrar al tímpano (sonido). Dentro del oído, las vibraciones se transforman en impulsos nerviosos que viajan al cerebro donde se perciben como elementos musicales, como el tono y la melodía. La combinación de estos elementos forma un patrón que reconocemos como música. Sin embargo, con fines pedagógicos, podemos decir que la música es la combinación del conjunto de sonidos sucesivos que, generalmente, producen un efecto expresivo. Por otra parte, como todo arte, no necesariamente debe ser simétrica, rítmica o agradable al oído, sino que su función principal sea provocar emociones y sensaciones a quienes la escuchan (Montalvo et al., 2016).

4.1.3 Influencia de la música en nuestro estado emocional

a) Teorías sobre el funcionamiento de las emociones.

El término *emoción* proviene del latín *emoñō*, que a su vez deriva del verbo *emovere*. Este verbo significa *hacer mover*, por lo que una emoción es algo que altera a las personas en su estado habitual.

No podemos negar, que las emociones tienen impacto en la formación del carácter y las interacciones sociales, que están presentes en nuestra vida. A lo largo de la historia el término emoción ha dado lugar a numerosas definiciones (Gómez, 2019). Para abarcar correctamente el significado de las emociones, estableceré a continuación una tabla resumen, que muestra la evolución de su comprensión:

Tabla 1 Evolución de la definición: Emoción

“Placer y dolor ante un hecho que tiene valor para la vida”	Aristoteles citado por Casado y Colomo (2006)
“Impulso propio de los hombres hacia una sensación. Pasiones que fortalecen el alma”	Descartes (1649/1972), citado por Garrido (2000)
“Las emociones están presentes de forma innata en los seres vivos, sin ellas no serían capaces de sobrevivir”	Darwin(1872)
“Sentimiento y pensamiento así como estados biológicos y psicológicos que dan lugar a diversas mezclas de emociones con matices diferentes”	Goleman (1995)
“Sistema de comunicación en el que se dan procesos expresivos que el cerebro interpreta sobre la acción”	Del Barrio (2005)
“Relación ante una determinada información que es percibida del entorno y de las relaciones que establecemos con él.La intensidad dependerá del individuo y sus experiencias previas”	Bisquerra (2009)

Adaptado de “La educación emocional a través de la música” (p.8), por L.Trujillo

Asimismo, debemos diferenciarlas de los sentimientos para poder hacer un correcto uso del léxico y no llevar a confusión. En términos generales, las emociones son más intensas; mientras que los sentimientos resultan de las emociones y tienden a perdurar más en el tiempo. Las emociones representan respuestas psicológicas a distintos estímulos, mientras que los sentimientos constituyen valoraciones conscientes de nuestras emociones. Según Rosa Collado "las emociones son estados afectivos innatos y automáticos que se experimentan a través de cambios fisiológicos, cognitivos y conductuales. Sirven para hacernos más adaptativos al entorno que experimentamos." y "los sentimientos son la toma de conciencia de esas emociones etiquetadas. Sirven para expresar, de forma más racional, nuestro estado anímico." (Fisac y Pardo, 2018, p. 2). Asimismo, nuestras emociones no pueden ser comprendidas en un contexto aislado de los social y de los cultural. Para entender su significado es necesario familiarizarse con los valores culturales y normas sociales de quienes las expresan (Gondim y Estramiana, 2010, citado por Cebriá, 2017).

Tras esta breve explicación conceptual, pasaremos a desarrollar las diferentes teorías que intentan explicar el proceso por el que se originan las emociones: fisiológicas, neurológicas y cognitivas.

Las teorías fisiológicas, como la de James y Lange, sostienen que las respuestas intracorporales son las causantes de las emociones. Las teorías neurológicas, como la de Cannon y Bard, indican que es el cerebro el encargado de llevar a cabo respuestas emocionales. Para concluir, las teorías cognitivas, como la de Schachter-Singer, argumentan que las emociones resultan de procesos cognitivos y la interpretación de situaciones.

A continuación, explicamos estas teorías de forma un poco más detallada:

- Teoría de James y Lange:

El psicólogo americano William James y el danés Karl Lange plantearon que la emoción sucede después de que el cerebro (córtex cerebral) recibe las señales de los cambios en nuestro estado fisiológico. Las emociones, por tanto, derivan de cambios y sensaciones fisiológicas. Al respecto, W.Lange escribió: “No lloramos porque estamos tristes, sino que estamos tristes porque lloramos” (Alonso, 2023, p.216).

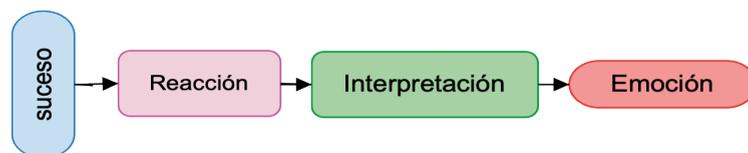


Figura 1 Teoría de James y Lange Elaboración propia

- Teoría de Cannon-Bard:

Según Walter Cannon y Phillip Bard, las emociones tratan de la activación fisiológica que prepara al organismo para la acción y sus mecanismos son exclusivamente de naturaleza fisiológica. Al contrario que la teoría de James-Lange, sostiene que la activación fisiológica y la expresión emocional son simultáneas y no ocurren secuencialmente (Alonso, 2023, p.216).

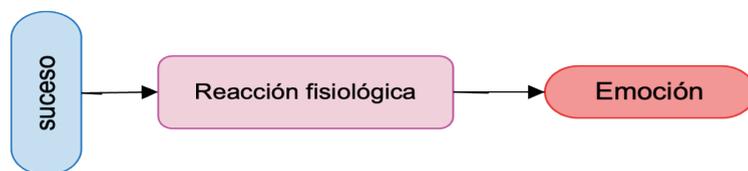


Figura 2 Teoría de Cannon-Bard Elaboración propia

- Teoría cognitiva de Schachter-Singer

Stanley Schachter y Jerome P. sostenían que para experimentar una emoción los cambios corporales eran necesarios pero no suficientes, debido a que el estado emocional depende de la activación fisiológica y la interpretación cognitiva de la situación. El cuerpo puede sufrir cambios fisiológicos, pero hasta que no son interpretados y etiquetados no experimenta auténticamente una emoción, las etiquetas emocionales dependen de las interpretaciones del suceso y de las respuestas corporales (Alonso, 2023, p.216).

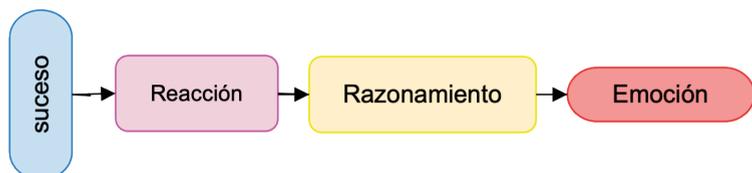


Figura 3 Teoría cognitiva de Schachter-Singer Elaboración propia

b) Explicación neurofisiológica de las emociones.

A partir de este breve análisis sobre las teorías que abordan la expresión de nuestras emociones, explicaremos de manera muy concisa su funcionamiento neurofisiológico, debido a que más adelante ahondaremos en esta explicación centrándonos en el funcionamiento del estrés.

En el encéfalo, órgano más diferenciado y complejo en la evolución, se localizan las funciones de sentir y emocionarnos (Pallarés, 2010, p.25).

El Sistema Límbico, ubicado en el diencéfalo (la parte interna del encéfalo), regula las emociones y consta de varias estructuras, incluyendo la amígdala y la corteza orbitofrontal (Gelder, Morris & Dolan, 2005, citado por López, Valdovinos de Yahya, Méndez, Mendoza, Fernández, 2009). Trabajando en conjunto con la corteza frontal, el sistema procesa estímulos emocionales y los integra en funciones cerebrales complejas, como la toma de decisiones racionales, la expresión de conductas sociales y la formación de juicios morales (Kandel, 2000, citado por López et al., 2009).

A continuación se detalla cada parte de nuestro organismo con su función correspondiente en el desarrollo de las emociones:

Tabla 2 Emociones y nuestro cuerpo

Cuerpo	Emociones
Encéfalo	Mediante el sistema límbico activa y regula los aspectos fisiológicos de las emociones.
Amígdala	Es la encargada de conectar el cerebro emocional con el resto del organismo, determinando la importancia emocional de la información sensorial y desencadenando la respuesta emocional ante estímulos que implican agresividad, miedo o dolor.
Hipotálamo	Se encarga de vigilar los sistemas reguladores internos y comunicar al cerebro lo que sucede dentro del cuerpo, como la temperatura o nivel de agua. Además, controla la hipófisis y así regula el sistema endocrino.
Corteza cerebral	Recibe, clasifica e interpreta la información sensorial, toma medidas racionales y activa distintas conductas.
Sistema nervioso autónomo	Participa en la regulación de los cambios fisiológicos asociados a los estados emocionales tales como, la sudoración, la sequedad de la boca, el aumento de la frecuencia cardíaca y la tensión de músculos. Se compone del sistema nervioso simpático, que activa las hormonas de adrenalina y noradrenalina en situaciones de emergencias y del sistema nervioso parasimpático que revierte la activación emocional y promueve la relajación del cuerpo.

Elaboración propia

El punto de vista microscópico es crucial para encontrar el origen de las emociones. El encéfalo se constituye por 100.000 millones de neuronas, cada una conectada con otras 20.000 mediante sinapsis, formando redes que poseen funciones muy importantes y diversas como: las emociones. Las funciones se originan a partir de los elementos anatómicos mencionados y de las interacciones de los neurotransmisores y hormonas tanto dentro de la sinapsis como a distancia (Pallarés, 2010, p.28). Los neurotransmisores, desempeñan un papel fundamental como mensajeros químicos, facilitando la comunicación entre las neuronas del encéfalo humano (Albuja, 2018, p.58). Posteriormente, las hormonas entran en juego para controlar los tejidos y órganos del organismo, cuyas células responden al estímulo que provocan (Fisac et al., 2018).

c) El estrés: definición, tipos y funcionamiento.

Una vez explicado cómo nuestro organismo reacciona frente a las emociones, procederemos a explicar cómo lo hace ante situaciones de estrés.

El término estrés proviene del latín *stringere*, que significa provocar tensión (Clínica de la Ansiedad). En 1926 fue utilizado por primera vez por Hans Selye con una perspectiva psicobiológica. En su primera acepción lo definió como “respuesta al estresor”, que es el agente causal de esa reacción de estrés; y en 1973 lo definió como “la respuesta no específica del cuerpo a cualquier demanda que sobre él se ejerce” (Barrio, García, Ruiz, Arce, 2006). Actualmente, hace referencia a una reacción fisiológica, endocrina y psicológica del organismo frente a una situación percibida como amenazante, lo que desencadena en una respuesta natural necesaria para la supervivencia (Maturana, Vargas, 2015). El problema surge cuando el estrés se vuelve constante, ya que el cuerpo no dispone del tiempo suficiente para recuperar un estado de equilibrio. En estas circunstancias el estrés se vuelve crónico y perjudicial para el organismo (Gálvez, Martínez, Martínez, 2015).

Nuestras experiencias estresantes se originan en tres fuentes principales cuya intensidad depende, a su vez, de factores individuales y contextuales: entorno sonoro (ruidos, carga laboral excesiva, conflictos interpersonales); nuestro cuerpo (insomnio, cambios hormonales, enfermedades); y nuestros pensamientos (preocupaciones, negatividad).

Cuando las respuestas del organismo a las demandas del entorno, ya sea externo o interno, son adecuadas y fisiológicamente asumibles, hablamos de un buen estrés (“*Eustrés*”), que es necesario para el funcionamiento y la adaptación del organismo al medio. En cambio, cuando nos encontramos sometidos a condiciones estresantes de alta intensidad y duración hablamos de mal estrés (“*Distrés*”), es probable que se vuelva disfuncional, dando lugar a un problema de salud, favoreciendo la aparición de las llamadas enfermedades de adaptación. El estrés, puede manifestarse a través de alteraciones psicofisiológicas como trastornos del sueño, alimentación y sexualidad, emocionales como ansiedad y depresión, síntomas neurovegetativos como dolores musculares, taquicardia, así como a afectaciones en el rendimiento intelectual, la memoria y la concentración. Además, puede debilitar el sistema inmunológico generando, entre otros problemas, el

riesgo de desarrollar infecciones (Clínica de la Ansiedad).

En los momentos de estrés participan diversos neurotransmisores, como la serotonina y la dopamina, y hormonas como el cortisol (de la Parra, 2017), también participan la adrenalina y noradrenalina, consideradas tanto hormonas como neurotransmisores:

- **Serotonina:** es un neurotransmisor clave, en la estabilidad de los estados de ánimo, regulación de ansiedad y bienestar. Mantener niveles adecuados de serotonina es esencial para funciones fisiológicas y neuropsicológicas. Su déficit se vincula con problemas de salud mental, falta de energía, mal humor y dificultades en tareas cotidianas y memoria. Además, es fundamental en la regulación de neurotransmisores como la dopamina y la noradrenalina, vinculados a momentos de angustia y mucho miedo (de Jesús Ramos, Noalles Dols y Rujas Arranz, 2019).
- **Dopamina:** es un neurotransmisor de molécula pequeña que genera sensaciones placenteras en situaciones normales. Se encuentra en todas las regiones del cerebro y ejerce diversas funciones como la coordinación de los movimientos corporales, la motivación, la recompensa y el esfuerzo (Purves, 2007, citado por Albuja, 2018). Está involucrada tanto en el estrés como en la depresión. La situación de estrés afecta a la síntesis y a la liberación de dopamina, lo que resulta en falta de motivación y disminución de respuesta emocional (de la Parra, 2017).
- **Noradrenalina:** es una hormona y neurotransmisor segregada por el cuerpo a través de las glándulas suprarrenales y por algunas células nerviosas (Instituto nacional del cáncer). Su fuente principal se localiza en el locus coeruleus, regula el sistema noradrenérgico. En el momento que se activa este sistema, se libera la noradrenalina, lo que genera un estado de alerta crucial para la adaptación al estrés. En situaciones de estrés crónico, se observa una decadencia de su síntesis y de su liberación (de la Parra, 2017).
- **Adrenalina:** es una hormona y neurotransmisor segregada por el cuerpo a través de las glándulas suprarrenales. Se produce, almacena y libera en respuesta a situaciones de alarma, estrés, miedo o peligro, ayudando al cuerpo a enfrentar dichas circunstancias (Sociedad Española de Inmunología Clínica, Alergología y Asma Pediátrica [SEICAP], s.f.).

- **Cortisona (cortisol):** es una hormona producida en las glándulas adrenales situadas encima de los riñones en respuesta al estrés. Tiene efectos diversos, como elevar los niveles de glucosa en la sangre, descomponer ciertos músculos para convertirlos en aminoácidos que el cuerpo puede utilizar para producir energía y disminuir la actividad del sistema inmunitario (Suárez, 2008, citado por Albuja, 2018). Niveles bajos de cortisona pueden ocasionar un desgaste adrenal o agotamiento, afectando a la capacidad del cuerpo de controlar el dolor, la inflamación, el azúcar en la sangre, la presión arterial, la fatiga, el estado de ánimo y la estabilidad emocional (Smith & Watson, 2007, citado por Albuja, 2018).

Funcionamiento del estrés:

Hans Selye describió en 1936 tres fases sucesivas de adaptación del organismo, a las que denominó Síndrome General de Adaptación (Regueiro, 2018):

- 1. Fase de reacción de alarma:** Ante un estímulo estresante, el organismo reacciona automáticamente liberando adrenalina y noradrenalina, desencadenando respuestas intensas como aumento del ritmo cardíaco, respiración acelerada y cambios en diversos procesos fisiológicos. Además, se produce una liberación de cortisol que le sigue una subfase en la que se activan sistemas defensivos (Clínica de la Ansiedad). También se genera una activación psicológica, que aumenta la capacidad de concentrarse y la atención. Se caracteriza por ser de corta duración, tampoco es perjudicial si el organismo dispone de tiempo para su recuperación (Regueiro, 2018, p.5).
- 2. Fase de resistencia:** Esta fase aparece cuando nuestro organismo no posee el tiempo suficiente para recuperarse y continúa reaccionando frente a la situación, da lugar a los primeros síntomas de estrés (Regueiro, 2018, p.5). Transcurre la puesta en marcha de todos sus mecanismos de adaptación para reparar los daños o desequilibrios causados por la reacción de alarma. En este período, la respuesta es más lenta pero sostenida, con un aumento de la liberación de cortisol. Si la situación persiste, el cuerpo permanece en estado de alerta y no logra recuperarse, derivando en la siguiente fase (Clínica de la Ansiedad).

- 3. Fase de agotamiento:** Si el estrés persiste o aumenta su intensidad, la energía de adaptación, es limitada y puede resultar insuficiente, lo que lleva a que las capacidades de resistencia se sean superadas y el organismo entre en una fase de acotamiento, manifestándose en la aparición de alteraciones psicósomáticas (Regueiro, 2018, p.5).

El impacto del estrés en nuestro organismo.

Actualmente conocemos el proceso fisiológico que sigue el organismo ante un estímulo estresor, gracias a este sabemos la trayectoria que siguen los sistemas del organismo, todas las hormonas y sus respectivos órganos involucrados (Gálvez et al., 2015).

Ante un estresor existen dos reacciones: de evitación o de afrontamiento. Las reacciones de evitación, como su propio nombre indica tratan de evitar al agente estresor. En cambio las reacciones de afrontamiento se enfrentan al estresor, mediante una respuesta en cascada, es decir, que una vez se inicia no puede parar hasta que se agota. Es de carácter neurohormonal y la reacción es global: psicobiológica (Barrio et al., 2006).

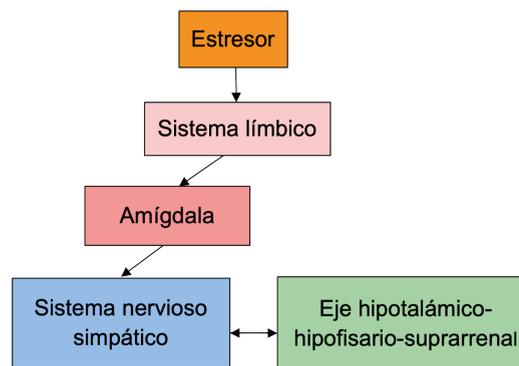


Figura 4 Respuesta en cascada. Elaboración propia.

Los factores estresores, ya sean físicos o mentales, provocan en nuestro organismo la denominada respuesta al estrés, que principalmente involucra al sistema nervioso y al endocrino. En relación al sistema nervioso, los elementos fundamentales que participan son el hipotálamo, que actúa como enlace entre el sistema nervioso y el endocrino, y el sistema nervioso autónomo, en particular el sistema nervioso simpático. Este último inerva principalmente al corazón, los vasos sanguíneos y la médula suprarrenal.

En cuanto al sistema endocrino, encontramos la hipófisis o glándula pituitaria y las glándulas suprarrenales compuestas por la corteza y la médula. La hipófisis está conectada

de manera estructural y funcional al hipotálamo, formando el eje hipotalámico-hipofisario-suprarrenal (HHRSS).

Cuando un individuo se enfrenta a un agente estresor, puede producirse una alteración de la homeostasis, es decir, un desequilibrio en el medio interno. Considerando el sistema límbico, responsable de activar y regular los aspectos fisiológicos de las emociones, y la amígdala, que conecta el cerebro emocional con el resto del organismo y desencadena la respuesta emocional ante estímulos, se observa que los agentes estresores provocan la activación del sistema neuroendocrino a través de las siguientes acciones. Primero, el sistema nervioso simpático, encargado de activar el organismo y preparar el cuerpo para la acción, estimula la liberación de sustancias denominadas catecolaminas desde la médula suprarrenal como la adrenalina y noradrenalina. En segundo lugar, activa el eje HHRSS, que inicia el proceso en el hipotálamo, cuando se activa segrega la hormona corticotropina (CRF), que estimula la liberación de la hormona adrenocorticotropa (ACTH) por la hipófisis. La ACTH, es transportada por el torrente sanguíneo hasta alcanzar las glándulas suprarrenales donde activa su corteza, lo que provoca principalmente la liberación de cortisol. En respuesta a las hormonas del estrés, el organismo se encuentra en estado de alerta, preparándose para la lucha o huida (Gálvez et al., 2015). Esencialmente se enfoca, en el cerebro, el corazón y los músculos, en detrimento entre los demás órganos (Gálvez et al., 2015).

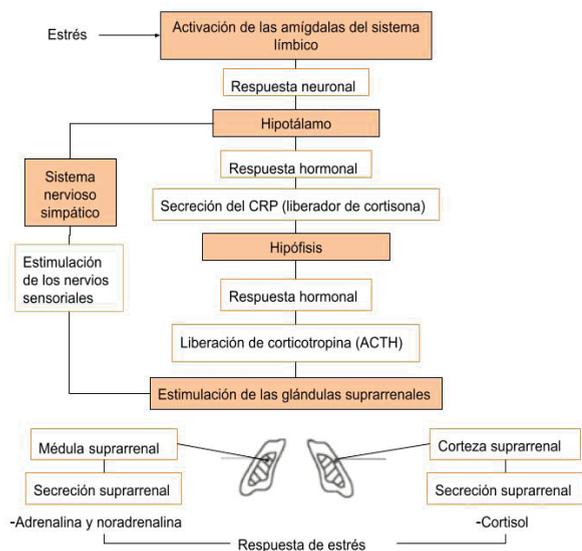


Figura 5 Impacto del estrés en nuestro organismo.
Elaboración propia.

Existen una gran variedad de síntomas ante situaciones de estrés. Esto es debido a la finalidad de las hormonas secretadas de contrarrestar el estímulo, que transcurren por el torrente sanguíneo afectando a la mayoría de los órganos como ya se ha mencionado anteriormente (Gálvez et al., 2015). Además según el tiempo de duración de la respuesta fisiológica, el estrés puede ser agudo, cuando se pide al organismo una respuesta intensa, de muy breve duración; o crónico, cuando la respuesta es leve pero dura mucho tiempo.

Acto seguido se inserta una tabla en la que podemos observar los efectos que tiene el estrés en diversos órganos:

Tabla 3 Efectos del estrés en diversos órganos de nuestro cuerpo.

Órganos o partes afectadas	Estrés agudo	Estrés crónico
Sistema nervioso central (SNC).	Mayor atención, mayor velocidad de procesamiento, más memoria.	Dificultad de aprendizaje y memoria, jaquecas, insomnio, disminución de rendimiento.
Corazón	Taquicardia, palpitación, aumento de la presión arterial, arritmia, insuficiencia cardiaca congestiva.	HTA (hipertensión arterial), coronariopatías.
Pulmones	Respiración superficial, rápida y brusca.	Catarros frecuentes, crisis asmática.
Aparato digestivo	Disminución del apetito, bloqueo intestinal.	Inapetencia, gastritis, úlceras, diarreas persistentes.
Vasos sanguíneos	Vértigos, piel fría.	Lesiones en la piel y cuero cabelludo (alopecia)
Glándulas	Sudoración, sequedad de mucosas.	
Sistema inmunológico	Bloqueo o disminución de respuestas inmunológicas.	Infecciones repetidas.
General	Inquietud, pérdida de control, pérdida de peso, fiebre.	Fatiga crónica, cansancio crónico, desmoralización, envejecimiento prematuro.

Adaptado de “El estrés como respuesta” p.44, por Barrio, J.A. García, M.R. Ruiz, I. Arce, A.

Finalmente, detallaré la diferencia que existe entre la ansiedad y el estrés, ya que muchas veces lo utilizamos como sinónimo debido a que sus respuestas físicas, emocionales y conductuales suelen ser similares. Como se ha señalado, el estrés se origina en presencia de un factor estresante, mientras que la ansiedad persiste en el organismo incluso después de que el estímulo estresante ha desaparecido, manifestándose como una respuesta emocional de aprehensión, inquietud y desasosiego que surge en ausencia de un estímulo claro (Regueiro, 2018 y Clínica de la Ansiedad).

d) La acción de los factores, estructuras y parámetros musicales sobre las emociones

Analizando cómo la música puede ser capaz de evocar emociones, Dewhurst-Maddock (1993, como se citó en Iribarne, 2021) explica que “la música puede saltarse los filtros lógicos y analíticos de la mente, para establecer un contacto directo con sentimientos y pasiones escondidos en lo más profundo de la memoria y de la imaginación”. Durante la vida intrauterina, el feto habita en un mundo sonoro, es capaz de percibir una amplia gama de vibraciones sonoras, lo que contribuye a la formación de la "identidad sonora", que se refiere a la totalidad de mensajes sonoros que influyen en nuestras emociones a lo largo de la vida (Benenson, 1988, citado por Iribarne, 2021). Las canciones y melodías que integra una persona tienen la capacidad de evocar emociones que permanecen almacenadas en el cerebro. Al recuperarlas, es posible desbloquear emociones subyacentes a ciertas enfermedades (Jauset Berrocal).

Factores musicales

En rasgos muy generales, la música se puede clasificar en estimulante y sedante. Cuando hablamos de música estimulante nos referimos a aquella que presenta ritmos rápidos y marcados. Esta posee el poder de aumentar la energía corporal, induciendo emociones de excitación, motivación y alegría, puesto que activa los músculos estriados, estimulando el área subcortical del cerebro. La música sedante, por otro lado, se compone de una melodía ligada, sin un ritmo percusivo marcado, lo que proporciona calma física y mental. (Blood y Zatorre, 2001).

En este aspecto, Díaz (2010, cómo se citó en Iribarne) considera que los tiempos rápidos desembocan en alegría y facilitan entrar en un estado optimista. No obstante, los

tiempos lentos y las claves menores causan tristeza, a diferencia de la disonancia (intervalos tensos) que tiende a provocar miedo y ansiedad (Díaz, 2010; Tizón, 2017, citado por Iribarne 2021). En cambio, no se conoce exactamente cómo son generados los cambios emocionales, si son causados por los atributos musicales o si, al contrario, se deben a la memoria personal y a elementos adquiridos culturalmente (Tizón, 2017).

Determinar qué cualidades musicales provocan respuestas emocionales particulares en los oyentes es complejo (Cabrelles Sagredo, 2007). Al respecto, Meyer (1956) señaló que existen dos tendencias principales en el estudio del significado musical. Las tendencias absolutistas sugieren que el significado musical es inherente a la obra, un hecho específico del sonido. La tendencia referencialista, por otro lado, sostiene que el significado de la música surge de la asociación de la música y el contexto, es decir, de la relación entre los sonidos y las experiencias pasadas relacionadas.

Combinando estas dos tendencias, Meyer sugiere que el significado de la música está constituido por la relación interna entre la estructura de la pieza musical y la respuesta del oyente. Afirma que las asociaciones que cada oyente tiene con la música son el factor más importante que determina su respuesta emocional.

Estructura musical

La Psicología Cognitiva ha estudiado los elementos estructurales de la música que influyen en la aparición de las emociones (Cabrelles Sagredo, 2007). El primer enfoque de Hevner (1936, citado por Cabrelles Sagredo, 2007) demostró que las relaciones de altura tonal y el tempo de las notas, son propiedades importantes que determinan si una pieza musical es triste o alegre. Posteriormente, Peretz y Zatorre (2005 como se citó en Iribarne 2021) llevaron a cabo un estudio para explorar las aportaciones de estos parámetros sobre las emociones, y descubrieron que los participantes del estudio clasificaron los fragmentos en cuatro categorías distintas:

- Tono menor y tempo lento se le atribuye a la melodía una emotividad negativa y una dinámica débil, que se percibe como tristeza.
- Tono menor y tempo rápido tiende a generar emociones de ira o temor.

- Tono mayor y tempo rápido suele inducir alegría.
- Tono mayor y tempo lento tiende a provocar relajación.

Los parámetros musicales

En el apartado 5.2.1. hemos definido los parámetros musicales (melodía, armonía y ritmo) y de sonido (altura, intensidad, duración y timbre). Aunque el silencio en sí mismo no se considera un parámetro, desempeña un papel crucial en la estructura musical. No solo implica la ausencia de sonido, sino que puede ser un recurso expresivo fundamental. La complejidad de la música crece a medida que los diversos parámetros que la componen se vuelven más variables (Iribarne, 2021). A continuación, nos centraremos en cómo influye cada uno en nuestro estado emocional:

Elementos de la música.

- **Melodía:** representa el elemento emocional de la música, tiende a evocar recuerdos con mayor facilidad, ya que incide directamente en los centros emocionales. Variaciones marcadas provocan alegría, mientras que las pobres transmiten tristeza (Jauset Berrocal, 2008).
- **Armonía:** cuando la armonía se construye de manera consonante (estable), tiende a conducir a la relajación, mientras que si está compuesta por acordes disonantes (inestable), puede provocar estados de tensión, irritabilidad o incluso ansiedad (Grabner, 2001). Afecta la dimensión cognitiva del cerebro y es importante destacar que la percepción de si una armonía es consonante o disonante puede variar según la cultura (Jauset Berrocal, 2008).
- **Ritmo:** influye directamente en la frecuencia cardíaca y respiratoria, induciendo calma (ritmos lentos) o movimiento (ritmos rápidos). Además, afecta la presión arterial, el sistema nervioso y la liberación de neurotransmisores, como la dopamina, la acetilcolina y la oxitocina, generando placer y euforia.
Desde una perspectiva de procesamiento neural, el ritmo se procesa principalmente en la zona bulbar, donde se encuentra el centro de las reacciones físicas (Jauset Berrocal, 2008).

Parámetros del sonido.

- **Altura:** las notas graves generan calma y tristeza, resonando en áreas corporales huecas, como los pulmones, el corazón y la cavidad abdominal. Por otro lado, las notas agu-

das, son estimulantes y afectan primordialmente al sistema nervioso y el sistema muscular (Jauset Berrocal, 2008).

- **Intensidad:** entre todas las variables musicales, la intensidad del sonido es la que tiene un impacto más significativo. Dependiendo de si el volumen es alto o bajo, la intensidad puede eliminar, reducir e incluso invertir los efectos generados por los demás parámetros. Un volumen elevado, dentro de ciertos límites, incita la extraversión, mientras que un volumen bajo crea espacios de intimidad y serenidad. Sin embargo, incluso una música agradable para una persona, puede volverse irritante si se escucha a un volumen excesivamente alto (Jauset Berrocal, 2008).
- **Duración:** no se relaciona con las emociones.
- **Timbre:** algunos instrumentos, debido a las características inherentes de su sonido, poseen cualidades intrínsecas que pueden ser percibidas como relajantes o estimulantes. Instrumentos como el arpa y la flauta, con sonidos relajantes, contrastan con la pandereta y la trompeta, que emiten sonidos estimulantes. Sin embargo, el ritmo y el volumen pueden modular estas características, demostrando la complejidad de la relación entre la música y las emociones (Jauset Berrocal, 2008).

Actualmente, las investigaciones sobre las emociones inducidas por la música son numerosas y se abordan diversas perspectivas considerando elementos musicales, culturales, psicológicos, sociales y biológicos. La música logra comunicar significados de manera única a todos aquellos que la escuchan (Campayo, Cabedo, 2016).

4.2 Musicoterapia.

4.2.1 Antecedentes históricos.

En el primer apartado del proyecto, exploramos el papel de la música en la Antigüedad. A lo largo de la historia ha tenido diversas aplicaciones; pero ya en el siglo XIX se obtuvieron resultados destacables, como estados de relajación y alivio del dolor. Emile Jacques Dalcroze (1865-1950), fue un compositor y pedagogo suizo que destacó como precursor de la musicoterapia al utilizar el movimiento corporal como medio para enseñar música (Wenceslao, 2018).

En el siglo XX, durante la Primera Guerra Mundial, se evidenciaron resultados positivos al incorporar música en hospitales para veteranos en EE.UU, mejorando la sociali-

zación y la autoestima. Durante la Segunda Guerra Mundial, la musicoterapia fue reconocida oficialmente como tratamiento. Se fundaron numerosas asociaciones, como la National Association for Music Therapy en 1950. En Reino Unido, fue Juliette Alvin una pionera en el uso de la musicoterapia en las décadas de 1950 y 1960. Además, en 1966 se fundó en la Facultad de Medicina de Buenos Aires la Asociación Argentina de Musicoterapia por el Dr. Ronaldo Benenzón (Cuadrado et al., 2022).

Actualmente, hospitales y universidades continúan investigando sobre los beneficios de la musicoterapia, siendo Europa y América los lugares donde más se ha desarrollado su aplicación (Díaz, 2009, citado por Cuadrado et al., 2022). En las últimas décadas, la música ha ganado importancia en entornos sanitarios, debido a investigaciones que vinculan sus efectos beneficiosos con la reducción del estrés (Haake, 2011, citado por Iribarne, 2021).

4.2.2 Definición.

En el libro de los Fundamentos de musicoterapia escrito por Betés de Toro, P. Martí (1920, p.289) afirma que existen muchas definiciones del término musicoterapia, ya que depende de varios factores como el colectivo con el que se trabaje, el encuadre clínico y la orientación del tratamiento (Bruscia, 1997, p.289). Ante la variedad de posibles definiciones, acudiré a la definición de la institución más antigua sobre musicoterapia, ya mencionada en el apartado anterior, la National Association for Music Therapy que actualmente se conoce como la American Association for Music Therapy. A continuación, citaremos la definición dada por esta asociación en el folleto “Una carrera en musicoterapia” (citado en Davis y cols., 2000, p.7):

La musicoterapia es la utilización de la música para conseguir objetivos terapéuticos: la restauración, el mantenimiento y mejora de la salud mental y física. Es la aplicación sistemática de la música, dirigida por un musicoterapeuta en un contexto terapéutico a fin de facilitar cambios en la conducta. Estos cambios ayudan a que el individuo en terapia se entienda mejor a sí mismo y a su propio mundo, llegando así a adaptarse mejor a la sociedad. Como miembro de un equipo terapéutico, el musicoterapeuta profesional participa en el análisis de problemas indi-

viduales y en la selección de objetivos generales de tratamiento antes de planificar y dirigir actividades musicales. Se realizan evaluaciones periódicas para determinar la efectividad de los procedimientos empleados. (P. Martí, 1920, p.289).

4.2.3 Aplicaciones

La aplicación terapéutica de la música, como explica Iribarne (2021) se recomienda como complemento en los siguientes casos:

- 1) Medicina paliativa y alivio del dolor, reducción de la ansiedad y cuidados terminales.
- 2) Neonatología en el ámbito pediátrico: estudios en bebés prematuros en incubadoras han mostrado que la exposición a ciertas melodías fortalece la resistencia y reduce las complicaciones de salud en los niños (Gustems, 2001, como se citó en Campayo Muñoz et al., 2009).
- 3) Trastornos psiquiátricos y psicológicos como la esquizofrenia, depresión y ansiedad.
- 4) Geriátrica: beneficios en casos de demencia y Alzheimer, mostrando una reducción de la agitación, mejora del ánimo, reducción de ansiedad y mejora de la función cognitiva global (Kim et al., 2011; Nesic et al., 2012).
- 5) Neurología: efectos positivos en algunos tipos de epilepsia (en especial con la música de Mozart, pero también está descrito con obras de Bach, Beethoven y Haydn (Lin et al., 2010).

4.2.4 Efectos en el ser humano

La música tiene un impacto en diversas dimensiones del ser humano, estos efectos han sido recogidos y estudiados sistemáticamente desde la constitución de la musicoterapia en Estados Unidos. A continuación, expondremos los efectos observados en los estudios recientes en cada una de las dimensiones humanas (P. Martí, 1920, p.289, en el libro los Fundamentos de musicoterapia por Betés de Toro):

Dimensión fisiológica: las respuestas fisiológicas a la música son características de la constitución única de cada individuo, que a su vez se ve influenciada por la experiencia psicológica del mismo ante la pieza musical (Thaut, 1989, citado por Maranto, 1999). Estos son algunos parámetros y respuestas fisiológicas (Bartlett, 1999):

- Respiración (aceleración o desaceleración).
- Pulso y presión sanguínea (aumento o disminución).
- Ondas cerebrales (mayor o menor activación).
- Actividad muscular (aumento o disminución).

Dimensión emocional: la música fue denominada como “el lenguaje de las emociones”, por Winner (1992) debido a su relación con la expresión emocional. Altshuler, observó una modificación en los estados de ánimo de sus pacientes psiquiátricos, en función del tipo de música escuchada (Davis y cols.;2000). Asimismo, Gaston (1968) destacó la música como vía de comunicación, facilitando la expresión de los sentimientos y emociones a sus pacientes. Por lo tanto, estos son algunos efectos de la música en el plano emocional:

- Comunicar y expresar un estado emocional.
- Ayudar a la expresión de emociones profundas.
- Modificar el estado de ánimo.
- Evocar, despertar, provocar emociones y sentimientos.

Dimensión cognitiva: Implicarse en una actividad musical conlleva una activación cerebral. La música evoca recuerdos de experiencias pasadas, estimulando la creatividad y la imaginación en cada individuo. Asimismo, cada persona asocia de forma única una pieza musical (Katsh y Merle-Fishman, 1998). Determinadas actividades musicales ayudan al desarrollo de habilidades académicas, como procesos relacionados con la memoria, el lenguaje o la atención. Por lo tanto, estos son algunos efectos de la música a este nivel:

- Estimular la imaginación y creatividad.
- Evocar asociaciones (imágenes, recuerdos).
- Mejorar la memoria.
- Estimular el lenguaje y la capacidad de atención.

Dimensión social: La música es un medio de integración social, contribuye al establecimiento de las relaciones sociales. Frecuentemente, estas actividades musicales se realizan en grupo, ofreciendo así una oportunidad para relacionarse (Gaston y Sears, 1968). Además, las actividades musicales grupales como los coros, bandas u orquestas requieren de coordinación y cooperación entre todos los integrantes del grupo (Davis y cols.;2000). Finalmente, podemos detallar los siguientes efectos de la música en este ámbito:

- Favorecer la integración social y la expresión individual ante un grupo.

- Facilitar la cohesión grupal y dar sensación de grupo.
- Incitar el diálogo y comunicación entre los miembros del grupo.
- Contribuir al desarrollo de habilidades sociales.

Dimensión espiritual: La relación entre música y espiritualidad comienza con los orígenes de la música misma (Katsh y Merle-Fishman, 1998). Los efectos de la música en este ámbito son difíciles de estudiar, porque no se pueden medir objetivamente. Sin embargo, Aldridge (1999), enumera algunos de los efectos espirituales:

- Ofrecer una vivencia de paz, purificación, serenidad, armonía...
- Crear una atmósfera para la meditación e invitar a la reflexión.
- Despertar un sentimiento de conexión con el universo.
- Brindar sentimientos de felicidad.

4.3 La música y nuestra mente/neurociencia

En este apartado, se aborda la predisposición biológica de los humanos hacia la música y cómo esta afecta a las funciones cerebrales.

Hoy en día, los científicos confirman que el oído es el estímulo sensorial cerebral más sofisticado. De todos los estímulos, el 20% está relacionado con la vista, el 30% con el gusto, olfato y tacto, y el 50% corresponde al oído. Este último no solo despierta y estimula el cerebro, sino que también los protege de su deterioro. Además, existe una conexión entre las distintas áreas cerebrales y las características psicológicas de la música y la audición (Lacárcel, 2003). Por tanto, a continuación, explicaré el funcionamiento del cerebro humano en relación con la música, proporcionando un contexto que nos permitirá entender mejor su relevancia en la experiencia humana. Para ello, dividiremos nuestro cerebro en tres, puesto que cada uno de ellos tendrá una función diferente en referencia a la música: el cerebro básico, cerebro emocional y cerebro cortical.

-El cerebro básico o reptiliano, está formado en el tronco cerebral y la sustancia reticular, su función es regular todas nuestras funciones involuntarias, funciones vegetativas y nuestra fisiología. El ritmo corresponde a esta parte del cerebro, musicalmente hablando, es el que regula el tiempo (A. Loroño, 1920, p.208).

-El cerebro emocional, mamífero o límbico, está formado por el cuerpo calloso y el sistema límbico (conjunto de estructuras del encéfalo), su función es dirigir las emociones, además se acuerda de experiencias pasadas. En esta parte de nuestro cerebro encontramos la melodía, es el tono musical el que nos hace emocionarnos al escuchar diferentes melodías (A. Loroño, 1920, p.209).

-El cerebro cortical o neocortex, solo lo tenemos los seres humanos, se divide en dos hemisferios, derecho e izquierdo. Es el área del cerebro encargada de regular todo nuestro razonamiento, permitiéndonos nuestro razonamiento lógico, nuestra conciencia. Musicalmente, corresponde a la armonía musical, a la creación y composición musical (A. Loroño, 1920, p.209).

Tabla 4 Los tres niveles del cerebro y su relación con la música

	Componentes musicales	Estructura cerebral	Localización	Nivel psicológico
Centro racional	Armonía	Cerebro cortical	Hemisferios cerebrales	Consciente
Centro emocional	Melodía	Cerebro límbico	Cuerpo calloso	Preconsciente
Centro vital	Ritmo	Cerebro básico	Tronco cerebral, sistema reticular.	Subconsciente

Adaptado de “Biomúsica: el cambio y el equilibrio emocional a través de la música” (p.209), por A.Loroño.

Desde el punto de vista biológico se ha observado que el cerebro humano está especialmente diseñado para percibir e interpretar estímulos musicales. A este respecto existen numerosos estudios que muestran la forma en que el cerebro humano responde a la música (Campayo Muñoz et al., 2016).

El procesamiento de la música está distribuido por todo el cerebro. Las siguientes imágenes muestran los principales centros computacionales mencionados anteriormente, del cerebro para la música. La ilustración de la parte izquierda es una vista lateral del cerebro, mientras que la que se muestra a la derecha es el interior del cerebro en el mismo punto de vista que la primera ilustración (Levitin, 2006, p.287).

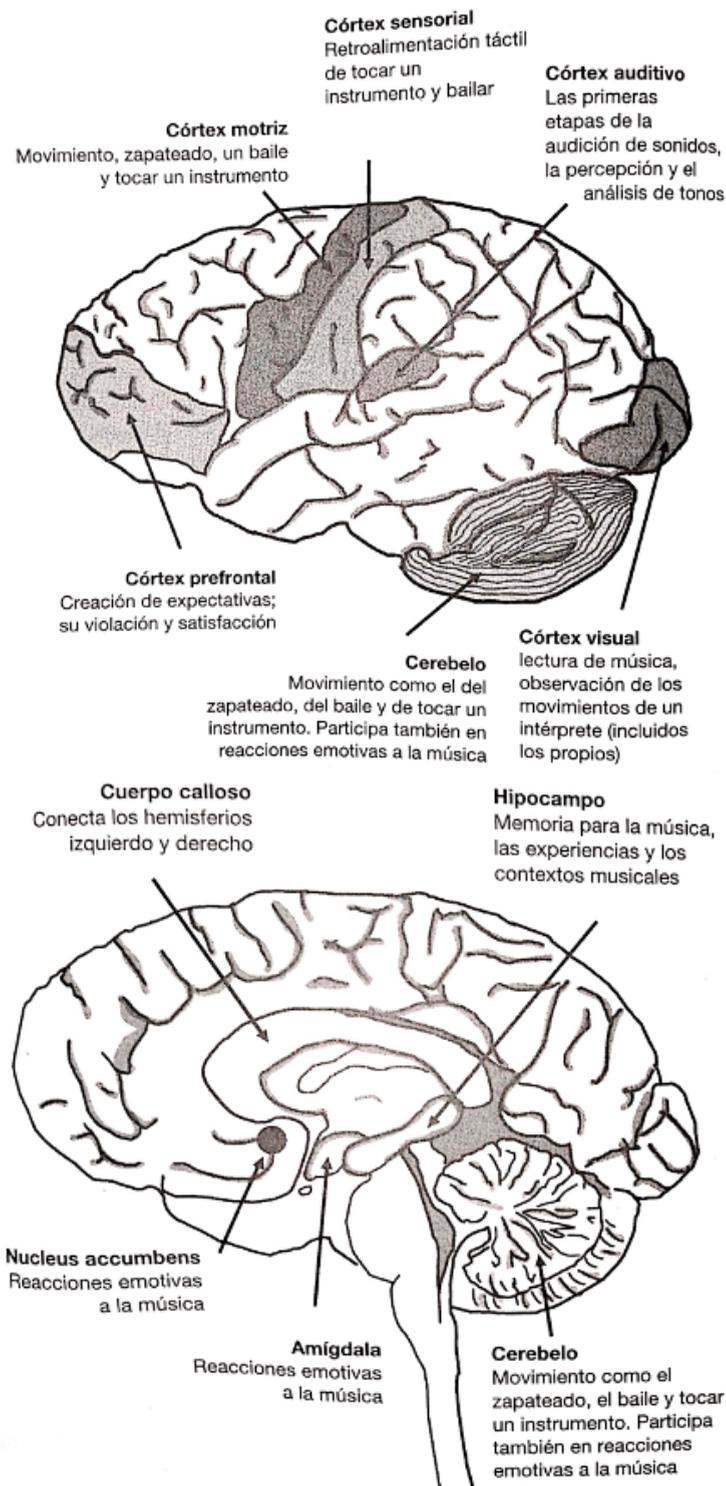


Figura 6 Tu cerebro y la música. Figuras del libro “Tu cerebro y la música” (p. 288 y 289) por D. Levitin, basadas en ilustraciones de Mark Tramo publicadas en Science 2001.

No obstante, es necesario ir más allá puesto que con esta información, existe el riesgo de simplificar y fragmentar el recorrido de la música en nosotros. Hasta el momento, solo hemos explicado cómo afecta la música al cerebro humano (neuroanatomía musical), por lo tanto, a continuación abordaremos la neuroquímica de la música en el ser humano.

4.3.1 Neuroquímica musical

Respecto al campo hormonal, Blood y Zatorre (2001) emplearon tomografía por emisión de positrones (PET) para investigar cómo impacta la música en las respuestas emocionales cerebrales. Los participantes escucharon su propia música y melodías neutrales elegidas por los investigadores, mientras se registraban cambios en el flujo sanguíneo cerebral. Este cambio en el flujo sanguíneo coincidió con cambios en la frecuencia cardíaca, la respiración y el electromiograma. Se descubrió que la música activa áreas vinculadas a la motivación y recompensa, como el núcleo accumbens y la corteza orbitofrontal. Este proceso implica liberación de dopamina, afectando el estado de ánimo y la coordinación motora. Además, la música reduce la actividad en áreas asociadas con emociones aversivas, como la amígdala, sugiriendo un papel regulador (Iribarne, 2021).

Otra de las hormonas asociadas a la escucha musical es la oxitocina, comúnmente conocida como la “hormona del amor”. Esta hormona es liberada en la neurohipófisis, por activación de proyecciones del hipotálamo (Bethlehem, 2013, citado por Iribarne, 2021) y actúa tanto en el sistema nervioso periférico como en el central.

La oxitocina está relacionada con el fortalecimiento de lazos emocionales, La oxitocina está relacionada con el fortalecimiento de lazos emocionales, respaldando la idea de que la música pudo haber evolucionado como fomentador de la cohesión social. Además, estudios indican propiedades ansiolíticas de la oxitocina tras el estrés social. La estimulación de la producción de neurotransmisores como la dopamina y la oxitocina, favoreciendo estados de alegría y optimismo (Jauset Berrocal, 2008). De acuerdo con Levitin (2009), también se han observado incrementos en los niveles de serotonina, explicada anteriormente.

De manera interesante, la música afecta las hormonas de manera diferenciada en hombres y mujeres: disminuye

los niveles de testosterona en hombres y los aumenta en mujeres, al tiempo que reduce los niveles de cortisol, la hormona asociada al estrés (Fukui & Yamashita, 2003, citado por Llanga, 2019).

5. METODOLOGÍA

Para validar experimentalmente nuestra hipótesis, hemos diseñado una sesión de musicoterapia que se fundamenta en el marco teórico y se centra en abordar la reducción del estrés en los adolescentes mediante la música.

La sesión se llevó a cabo tras un análisis detenido con la colaboración de una especialista en musicoterapia, Nuria Rodríguez. Comprende cinco tipos de ejercicios diseñados con antelación a las necesidades y características de los adolescentes, así como a los asuntos específicos relacionados con la gestión del estrés. A continuación, presentaré brevemente cada uno de ellos:

- 1. Jacuzzi sonoro:** los voluntarios son agrupados en grupos de 7-8 personas, formando un círculo. Uno de ellos se sitúa en el centro del círculo, mientras que todos los que se encuentran a su alrededor generan sonidos. Esto permite que la vibración de los sonidos sea transmitida de manera efectiva a la persona del centro.
- 2. Busca tu sonido:** cada participante se tumba boca arriba, con las manos en el pecho o sentados y tratan de encontrar el sonido que les relaje, puede ser desde sonidos más graves a más agudos según cada persona.
- 3. Música y abrazos:** en un aula, los participantes caminan mientras escuchan música, específicamente clásica o barroca, debido a su estructura fija que evita sobresaltos en el cerebro, provocando así cierta sensación de tranquilidad. En un momento determinado, se para la música durante 8 segundos, durante los que tienen que buscar una pareja y abrazarse, favoreciendo así la liberación de hormonas (oxitocina, serotonina).
- 4. Tu canción:** todos tienen canciones que les evoquen momentos felices o les transmitan emociones positivas, así como aquellas que les provoquen el caso contrario. Dado a todo lo que hemos estudiado previamente en el marco teórico. La música, puede tener un impacto en nuestro estado emocional. En esta actividad requiere que cada uno comparta esas canciones

particulares, las escucharemos todos juntos y luego cada persona exprese cómo se sintió y qué emociones experimentó tras escucharlas. Esto nos permitirá explorar de manera consciente el impacto que la música tiene en todos nosotros.

En el caso de que al grupo de voluntarios no se les ocurriera ninguna canción, que ocurrió en un grupo. Proporcionamos una tabla, localizada en anexo 1, clasificada en música sedante y estimulante, conceptos también explicados en el marco teórico.

- 5. Datos a analizar:** todos los participantes completaron un cuestionario después de la sesión que nos permitió calcular los niveles de estrés que habían experimentado a lo largo de 8 semanas (PSS) y comprender el impacto de la sesión en cada uno de ellos. Además, medimos sus pulsaciones cardiacas antes y después de la sesión, mediante dos pulsómetros para obtener datos calificativos. Todos los resultados recopilados serán posteriormente analizados de forma que podremos evaluar de manera objetiva si nuestra hipótesis es correcta.

https://docs.google.com/forms/d/1yuPxecT6hpt-5NO8XT_6iBYVvK-hzG59IKfunW30nQ3Tc/edit

6. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.

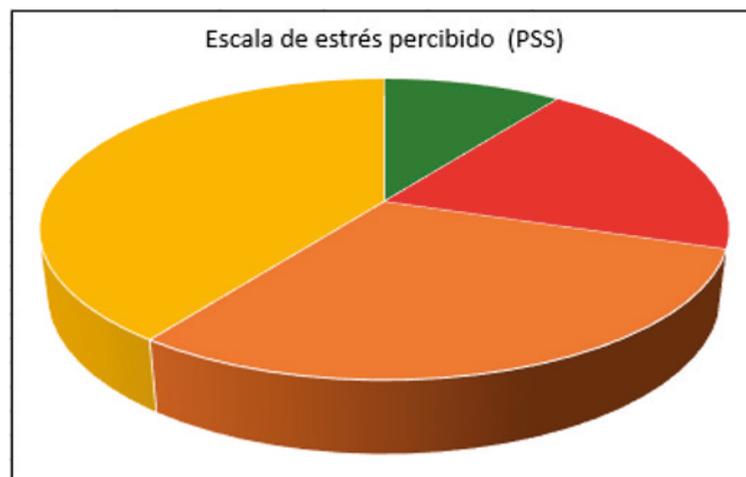
Primero analizamos el estrés percibido de los estudiantes mediante la Versión española (2.0) de la Perceived Stress Scale (PSS) de Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983), adaptada por el Dr. Eduardo Remor.s, ampliamente utilizada en áreas de la salud y probada cómo una herramienta efectiva para medir el estrés (Remor y Carroble, 2001). Consta de 14 preguntas (todas ellas insertadas en anexo 3) con opciones de respuesta en una escala de cinco puntos (0 = nunca, 1 = casi nunca, 2 = de vez en cuando, 3 = a menudo, 4 = muy a menudo). Para obtener la puntuación total, se invierten las respuestas en algunos ítems (5,6,7,9,10,13) y luego se suman las puntuaciones de los 14 ítems. Una puntuación más alta indica un mayor nivel de estrés percibido. Las preguntas son de fácil comprensión y las opciones de respuesta son sencillas de marcar. A continuación, se muestra una tabla con la PSS aplicada a los 50 alumnos que participaron en la sesión:

Tabla 6 Escala PSS aplicada a los adolescentes

Alumnos	Curso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Resultado
43	2º bachillerato	1	1	1	3	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	10
21	1º ESO	0	0	1	0	4	4	2	0	1	0	0	1	0	1	13
8	2º bachillerato	2	0	2	3	1	1	2	0	0	0	1	2	1	1	16
11	2º bachillerato	1	1	1	3	2	1	1	0	0	0	0	1	5	0	16
16	2º bachillerato	2	2	1	0	1	0	2	1	1	0	1	1	1	3	16
19	1º ESO	1	0	2	3	2	0	1	0	1	1	1	2	2	0	16
32	1º ESO	1	2	1	3	0	1	1	1	1	1	2	2	2	1	19
25	1º ESO	3	0	1	2	3	0	0	0	0	1	1	4	2	3	20
14	2º bachillerato	1	1	1	4	0	0	1	1	1	1	1	4	4	1	21
6	2º bachillerato	1	1	1	3	1	1	2	2	1	2	1	1	3	2	22
7	2º bachillerato	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	3	1	1	23
20	1º ESO	2	2	2	3	1	1	2	2	1	3	1	0	0	3	23
30	1º ESO	1	2	1	3	1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	23
35	1º ESO	2	3	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	23
4	2º bachillerato	0	1	3	2	2	2	2	1	1	2	2	3	1	2	24
15	2º bachillerato	2	2	3	3	1	1	1	2	1	1	2	3	0	3	25
23	1º ESO	1	0	2	2	3	3	1	1	1	3	1	3	2	2	25
29	1º ESO	2	2	3	2	2	1	3	2	1	2	1	2	1	1	25
26	1º ESO	0	1	2	2	1	3	2	2	2	3	1	3	2	2	26
2	2º bachillerato	1	2	3	2	2	1	1	2	1	2	3	3	2	2	27
44	2º bachillerato	3	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	4	2	3	27
33	1º ESO	2	1	3	4	1	2	1	4	2	3	1	2	1	1	28
9	2º bachillerato	2	2	2	3	2	1	2	2	1	2	2	3	2	3	29
12	2º bachillerato	1	2	3	4	1	2	2	1	2	2	1	3	2	3	29
38	4º ESO	2	3	3	3	0	1	1	2	3	2	2	3	2	2	29
39	4º ESO	2	1	3	2	2	2	2	2	1	1	3	4	2	2	29
22	1º ESO	1	1	3	2	4	2	0	2	4	1	2	3	2	3	30
34	1º ESO	1	1	2	1	2	2	2	3	2	3	3	1	4	3	30
47	2º bachillerato	3	2	3	3	2	1	1	2	1	2	3	3	2	2	30
24	1º ESO	2	1	3	4	1	2	0	3	1	1	2	4	4	3	31
40	2º bachillerato	2	2	3	3	2	1	2	3	2	2	2	3	3	2	32
3	2º bachillerato	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	1	4	3	3	33
28	1º ESO	3	3	3	2	2	3	2	4	2	2	2	1	1	3	33
10	2º bachillerato	3	2	2	3	1	3	2	3	1	2	2	4	3	3	34
27	1º ESO	3	2	4	2	1	3	3	1	2	2	3	3	2	3	34
1	2º bachillerato	3	2	3	2	1	2	3	3	2	3	2	3	3	3	35
46	2º bachillerato	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	2	4	3	1	35
36	4º ESO	2	3	4	2	2	3	3	3	3	2	3	3	1	2	36
37	4º ESO	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	4	3	2	36
42	2º bachillerato	3	3	4	2	3	2	3	2	2	3	4	3	2	1	37
31	1º ESO	2	3	2	1	4	2	3	4	2	4	3	3	4	2	39
45	2º bachillerato	3	3	4	2	2	3	3	3	2	2	4	3	2	3	39
41	2º bachillerato	3	3	4	1	2	2	3	4	3	2	2	4	4	3	40
5	2º bachillerato	4	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	43
17	2º bachillerato	3	4	4	1	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3	43
48	2º bachillerato	4	3	3	2	3	3	3	3	3	2	4	3	3	4	43
13	2º bachillerato	3	3	4	2	3	3	2	3	3	3	4	4	3	4	44
49	2º bachillerato	4	4	4	2	2	3	3	4	2	2	4	4	4	2	44
18	2º bachillerato	4	4	4	1	3	4	3	0	3	4	4	4	4	4	45
50	2º bachillerato	4	3	3	2	4	4	3	4	1	4	4	4	3	4	47

Elaboración propia.

Podemos representar los datos en un diagrama de sectores donde observamos:



Colores	Estrés percibido	Descripción de los valores	Porcentaje
Verde	0-14	Casi nunca o nunca está estresado	4%
Amarillo	15-28	De vez en cuando está estresado	40%
Naranja	29-42	A menudo está estresado	42%
Rojo	43-56	Muy a menudo está estresado	14%

Figura 7 Elaboración propia.

Basándose en los datos obtenidos, el 42% de los estudiantes reporta estar estresado a menudo y el 14% indica estarlo muy a menudo. Por otra parte, el 40% del alumnado está de vez en cuando estresado junto al 4% que casi nunca lo está, esto indica que existe una diversidad en la experiencia de estrés pero, aún así, existe una proporción considerable de adolescentes que sufre elevados niveles de estrés.

En segundo lugar, pasaremos a analizar la posible conexión entre las pulsaciones cardiacas y la reducción del estrés; midiendo la frecuencia cardiaca tomada antes y después de la sesión, así como las respuestas del cuestionario que se hizo sobre la contribución de la sesión a la relajación. Podemos observar los datos de las dos variables en las tablas insertadas a continuación. Adicionalmente, en el anexo 4 se incluyen los gráficos de sectores que reflejan el porcentaje de las dos variables de forma independiente:

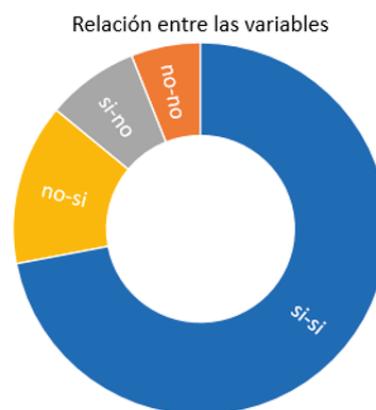
Tabla 7 Datos de las pulsaciones y respuestas

Voluntario	Pulsaciones			Respuestas sesión
	Antes sesión	Después sesión	¿Ha bajado?	¿Le relajó?
1	72	68	Sí	Sí
2	78	71	Sí	Sí
3	74	74	No	No
4	70	62	Sí	Sí
5	75	72	Sí	Sí
6	83	77	Sí	Sí
7	79	71	Sí	Sí
8	85	75	Sí	Sí
9	75	70	Sí	Sí
10	72	59	No	Sí
11	80	64	Sí	Sí
12	82	75	Sí	Sí
13	83	96	No	Sí
14	82	76	Sí	Sí
15	72	56	Sí	Sí

17	104	92	Sí	Sí
18	97	96	Sí	Sí
19	108	96	Sí	Sí
20	82	80	Sí	Sí
21	96	94	Sí	No
22	98	87	Sí	Sí
23	99	81	Sí	Sí
24	63	65	No	No
25	96	94	Sí	No
26	79	69	Sí	Sí
27	77	69	Sí	Sí
28	79	72	Sí	Sí
29	98	98	No	No
30	86	97	No	Sí
31	98	99	No	Sí
32	88	96	No	Sí
33	95	86	Sí	Sí
34	78	72	Sí	No
35	80	76	Sí	Sí
36	88	75	Sí	No
37	78	70	Sí	Sí
38	80	76	Sí	Sí
39	75	72	Sí	Sí
40	83	77	Sí	Sí
41	79	72	Sí	Sí
42	82	80	Sí	Sí
43	85	78	Sí	Sí
44	79	76	No	Sí
45	85	80	Sí	Sí
46	75	79	No	Sí
47	86	79	Sí	Sí
48	83	77	Sí	Sí
49	79	75	Sí	Sí
50	78	71	Sí	Sí

Elaboración propia.

Figura 8



		¿Ha bajado de pulsaciones?	
		Sí	No
¿Le relajó?	Sí	72%	14%
	No	8%	6%

Elaboración propia.

Los datos indican que un porcentaje significativo, el 72%, expresa una reducción tanto en las pulsaciones cardiacas como en el estrés. Esto sugiere que existe una correlación positiva entre la disminución de las pulsaciones y del estrés para la mayoría de los voluntarios. Por otro lado, el 8% experimenta una disminución en las pulsaciones pero no en el estrés, lo que podría indicar que existen otros factores que contribuyen al estrés independientemente de las pulsaciones.

Un grupo del 14% no experimenta una disminución en el ritmo cardiaco pero sí en el estrés. Esto podría indicar que, para este grupo, otros factores además de las pulsaciones están afectando su nivel de estrés.

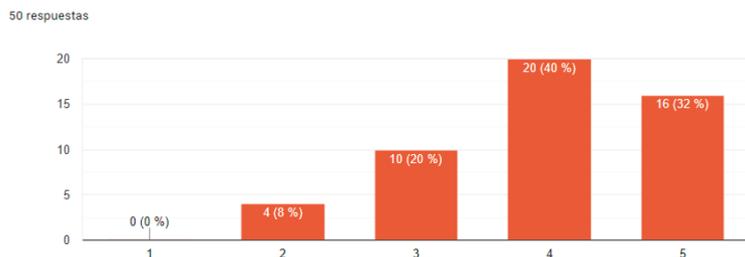
Finalmente, el 6% no experimenta una disminución en ninguna de las dos variables, lo que sugiere que hay un subconjunto de alumnos para los que estas medidas no son efectivas.

Para finalizar el análisis de datos, nos centraremos en cómo influyeron en los estudiantes los diferentes ejercicios de la sesión, explicados en el punto 7.

Jacuzzi sonoro: como podemos observar en el gráfico insertado a continuación, en la actividad del Jacuzzi sonoro el 32% de los participantes calificó la actividad como muy satisfactoria en términos de liberación de estrés; mientras que el 40% la calificó como satisfactoria. Un 20% indicó que la experiencia apenas les transmitió algo. Solo un 4% manifestó insatisfacción en esta actividad, y ningún participante clasificó la experiencia como muy insatisfactoria.

Figura 9

Por favor, califica tu experiencia en cada una de las actividades de la sesión. Donde 5 es "muy satisfactorio", 4 es "satisfactorio", 3 es "no me transmitió apenas nada", 2 es "insatisfactorio" y 1 es "muy insatisfactorio".
¿Cómo calificarías tu experiencia en el Jacuzzi sonoro en términos de relajación y liberación de estrés?



Busca tu sonido: en relación con la experiencia en este ejercicio, el 34% de los participantes la encontró muy satisfactoria, mientras que otro 34% la consideró satisfactoria.

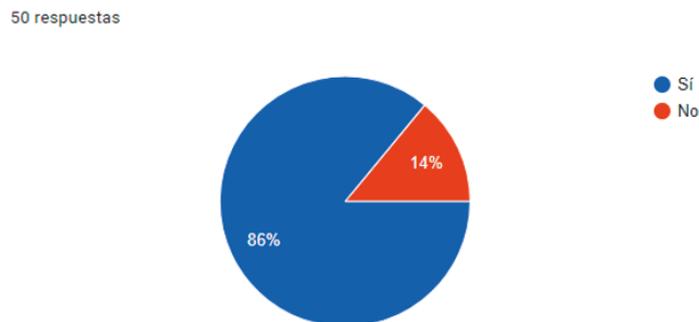
Un 26% indicó que la experiencia apenas les transmitió algo, sugiriendo una conexión limitada con el evento. Solo un 4% expresó insatisfacción, y un 2% la clasificó como muy insatisfactoria. Además, un notable 86% de los participantes afirmó que la experiencia les ayudó a combatir el estrés, mientras que al 14% restante no. Como expresan los siguientes gráficos:

Figura 10



Figura 11

¿Te ayuda a combatir tu estrés?



Música y abrazos: en referencia a la experiencia de esta actividad, el 38% de los participantes la encontró muy satisfactoria, mientras que un 32% la describió como satisfactoria. Un 16% expresó que la experiencia apenas les transmitió algo, un 8% manifestó insatisfacción, y un 6% la calificó como muy insatisfactoria. Por otro lado, un 80% de los participantes afirmó que la experiencia les fue útil para relajarse, mientras que el 20% restante no experimentó este beneficio. Seguidamente se exponen los datos:

Figura 12

¿Cómo calificarías tu experiencia en la actividad de "Música y abrazos"?

 Copiar

50 respuestas

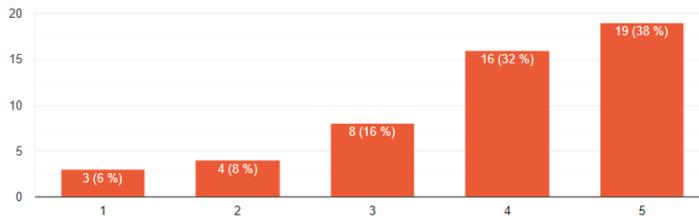
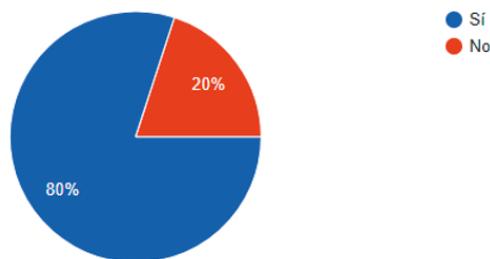


Figura 13

¿Te relajó la actividad "Música y abrazos"?

50 respuestas



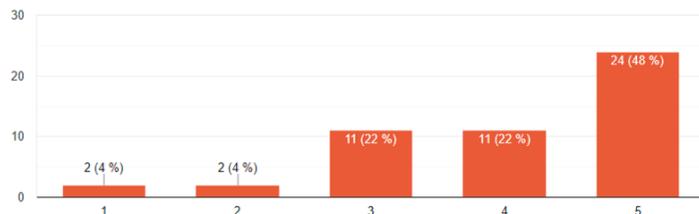
Tu canción: como podemos observar en los datos de la imagen 5, casi la mitad de los participantes, un 48%, describió "Tu canción" como sumamente satisfactoria, mientras que un 22% la consideró satisfactoria. Un 22% también señaló que la experiencia no le transmitió apenas nada, indicando una conexión limitada con la actividad. Un 4% expresó insatisfacción, y otro 4% la calificó como muy insatisfactoria.

Figura 14

¿Cómo calificarías tu experiencia en la actividad de "Tu canción"?

 Copiar

50 respuestas



Además, con esta última actividad pretendíamos estimular una reflexión entre los adolescentes acerca de cómo las canciones escuchadas impactaron en ellos. Acto segui-

do presentamos algunas de las reflexiones más detalladas, mientras el resto se incluye en el anexo 5. Adicionalmente, en el anexo 6 podemos encontrar otras respuestas que abordan el impacto general de la sesión de musicoterapia.

Figura 15

¿Podrías hacerme una breve reflexión sobre lo que te transmitieron las canciones que escuchamos en "Tu canción"?

50 respuestas

Las canciones alegres que escuchamos como las del canto del loco, me subieron el ánimo y me recordaron a momentos felices de mi vida
Las canciones tristes como las de beret, me recordaron a algún momento triste de mi vida y las que escuchamos en inglés me transmitieron tristeza y un bajón en el estado de ánimo

Las canciones felices me pusieron más contenta y las canciones tristes no me pusieron triste.

Tranquilidad, bienestar y cosas positivas

Las canciones de beret (ojalá, lo siento y vuelve) como camarón y caminando por la vida me transmitieron felicidad a pesar de que alguna canción tenga un lado más triste porque de pequeño escuchaba mucho a estos tres cantantes y entonces escucharlos otra vez me trae buenos recuerdos

Las canciones en inglés partía de un punto 0 ya que varias no las conocía o no las tengo relacionadas con nada y estás si tenían una melodía más triste y traían sentimientos más 'pesados'

Y la canción de zapatillas viene siendo un poco más como las primeras está si que es más alegre con un ritmo más rápido y alegre pero me trajo felicidad por tenerla asociada con buenos recuerdos

Figura 16

¿Podrías hacerme una breve reflexión sobre lo que te transmitieron las canciones que escuchamos en "Tu canción"?

50 respuestas

me ayudo mucho a relajarme

Satisfacción y relajación

Con las canciones tristes, pude calmarme y relajarme. Soy una persona que depende demasiado de la música, en cualquier estado de ánimo. A la gente generalmente le deprime, pero a mí la música más triste o calmada me ayuda bastante a relajarme y sentirme mejor. Especialmente porque muchas canciones transmiten y expresan la forma en la que me siento, y eso me ayuda a comprenderme mejor. Por lo que, en momentos en los que estoy estresada o en clase, las canciones más 'deprimidas' me ayudan a poder descansar un poco y sumirme en la tristeza del sonido, que de forma u otra supone un momento de confort.

Con las canciones más alegres, pude relajarme más, puesto me hizo que feliz. Estar con mis amigos y compañeros de clase cantando alegremente canciones que nos animaban, me hizo sentirme bastante bien y hacer que olvide que estaba en clase. Simplemente fue un momento memorable con mi clase, mientras nos divertíamos con la música y cantábamos. Disfruto mucho cantar, y también disfruto la compañía de mis amigos. La música alegre me recuerda a ellos, y eso me hace estar más relajada; me siento feliz, y me olvido de mis problemas.

Me transmiten alegría y ganas de hacer cosas

7. MÁRGENES DE ERROR Y COMPLICACIONES

La investigación se vio afectada por limitaciones, complicaciones y posibles errores encontrados durante la ejecución del proyecto que podrían haber puesto en cuestión la validez de los resultados.

En el apartado experimental del proyecto hubo una participación limitada de voluntarios y fue complicado que los alumnos participaran en las sesiones de musicoterapia. Esta falta de compromiso ha influido directamente sobre la cantidad de los datos recopilados. Además, existe la posibilidad de errores de medición por posibles imprecisiones de calibración en los pulsómetros o fallos humanos.

Por otro lado, la demora en definir claramente el tema del proyecto también nos ha generado complicaciones significativas. Inicialmente, nuestro proyecto se enfocó en comprender cómo la música podría contribuir al fortalecimiento de la memoria. No obstante, a medida que avanzaba el tiempo, el tema experimentó una serie de transformaciones, pasando de la influencia de la música en la memoria a explorar el impacto del entorno sonoro en el ámbito educativo y la relación entre la música y las emociones en un sentido más general. Hasta que finalmente después de un periodo de tiempo y esfuerzo, logramos delimitar el tema actual.

Además, el proyecto se vio afectado por el cambio de tutor durante su desarrollo, lo que introdujo nuevos desafíos y ajustes en la dirección de la investigación.

8. CONCLUSIONES

En este apartado, desarrollamos las conclusiones a las que hemos llegado a partir del análisis de datos y en referencia al marco teórico.

En primer lugar, recordaremos a hipótesis enunciada al inicio del proyecto:

La música influye en nuestras emociones. Según qué tipo de música escuchemos y cómo lo hagamos nos afectará de maneras diferentes.

Una gran parte de los estudiantes sufren problemas de estrés. Estos problemas podrían reducirse gracias a un uso consciente y adecuado de la música, y que podría aplicarse tanto en el centro como en su vida personal.

En segundo lugar, la obtención del nivel de estrés percibido de los adolescentes, mediante el cálculo de la PSS, nos ha permitido afirmar que efectivamente según acabamos de mencionar en nuestra hipótesis, una gran parte de los adolescentes sufren problemas de estrés. Esta conclusión la realizaremos con cierta prudencia: los datos que disponemos son limitados y podemos considerar la existencia de un cierto grado de subjetividad en las respuestas.

En tercer lugar, gracias al análisis sobre la relación entre las pulsaciones y el estrés, podemos confirmar otra parte de nuestra hipótesis. Efectivamente mediante un uso correcto de la música, en sesiones de musicoterapia, podemos reducir los niveles de estrés experimentados por los estudiantes. También nos ha permitido corroborar el apartado 5.2.3 del marco teórico, sobre el efecto de la musicoterapia en la dimensión fisiológica de los seres humanos.

Como conclusión, estos datos podrían indicar que reducir las pulsaciones tiene una correlación positiva con la reducción del estrés para la mayoría, pero no para todos tal y como hemos analizado en el apartado 8.

En cuarto lugar, las conclusiones sobre las actividades de la sesión son:

Las actividades del "Jacuzzi sonoro" y "Busca tu sonido" generaron mayormente satisfacción, aunque algunos participantes percibieron beneficios mínimos o transmisión limitada. "Música y abrazos" y "Tu canción" mostraron diversidad de percepciones, donde la mayoría experimentó beneficios para reducir el estrés, pero también se identificó un grupo que no experimentó estos efectos. En general, la evaluación de todas las actividades fue positiva, en términos de reducción del estrés, aunque se observaron variaciones individuales en las reflexiones de "Tu canción".

Asimismo, las distintas actividades realizadas durante la sesión nos han permitido establecer diversas conexiones entre los elementos abordados en el marco teórico y nuestra hipótesis, que serán presentadas a continuación:

Jacuzzi sonoro: esta actividad se puede relacionar con la dimensión social del apartado 5.2.4 ya que requiere de coordinación y cooperación entre todos los integrantes del grupo.

Busca tu sonido: esta actividad no se relaciona de forma clara con ningún elemento del marco, pero destaca que el 86% de los participantes afirma que la actividad les ayuda a combatir el estrés, mientras que un 14% no experimenta este beneficio.

Música y abrazos: esta actividad corresponde con el apartado 5.3 y 5.3.1 sobre cómo la música influye en nuestro organismo y con la 5.1.3 d) donde se explica la acción de los factores musicales sobre las emociones.

Tu canción: este ejercicio se encuentra intrínsecamente vinculado a varios elementos del marco teórico, destacando el apartado 5.1.3 d), que explora cómo los diversos

elementos musicales inciden en nuestras emociones. Asimismo, se conecta con el 5.2.4 al corroborar los efectos de la música en la dimensión emocional y se alinea con el 5.3 al explicar la relación entre las emociones transmitidas por la música y los recuerdos personales. De manera adicional, respalda también la primera parte de nuestra hipótesis: el tipo de música escuchemos y cómo lo hagamos nos afectará de maneras diferentes. Podemos corroborarlo en las reflexiones proporcionadas por los alumnos de la pregunta del cuestionario que corresponde con esta actividad.

Finalmente podemos concluir que nuestra hipótesis es correcta; la sesión no solo cumplió con su objetivo de ayudar a la mayoría de adolescentes a reducir su estrés, sino que también les proporcionó un momento agradable, permitiéndoles desconectar de las inquietudes cotidianas. Esta consideración se da gracias a todas las respuestas recogidas en anexo 6 sobre la opinión de la sesión de musicoterapia.

9. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Dado que el tiempo es limitado solo pudimos realizar una sesión, impidiendo determinar si la musicoterapia tiene un efecto duradero en alumnos que realmente se enfrenten a desafíos relacionados con el estrés, dificultades emocionales u otros aspectos psicológicos. Por lo que se plantea la siguiente línea de investigación:

→ Explorar la sostenibilidad de la musicoterapia a largo plazo en estudiantes con dificultades emocionales.

Por otro lado, debido a las complicaciones mencionadas anteriormente sobre la falta de voluntarios, nos enfrentamos a limitaciones en la capacidad de correlacionar variables adicionales, como la edad, el género o gustos musicales y examinar posibles cambios asociados, por lo que otra línea de investigación sería:

→ ¿Cuál es el impacto de la música en función de la edad, el género y las preferencias musicales de los individuos?

Además, podría retomarse uno de los temas iniciales de nuestro proyecto que, lamentablemente, no pudimos llevar a cabo en relación al entorno sonoro. Por lo que se podría investigar:

→ ¿Cómo influye el entorno sonoro en el ámbito educativo?

Además, se podría analizar el papel de la música en otros planos educativos como, por ejemplo:

→ El papel de la música en la creatividad.

→ El papel de la música en el rendimiento académico y concentración.

→ El papel de la música en la memoria.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, J. (2023). *Psicología*. Mc Graw Hill, consultado el 02/11/23.

Albuja, P. (2018). *Influencia Del Estrés En El Proceso De Aprendizaje Del Idioma Inglés En La Academia De Guerra Aérea* [Archivo PDF]. http://jehdnet.com/journals/jehd/Vol_7_No_4_December_2018/7.pdf consultado 27/10/23.

Arce, A. Barrio, J.A., García, M.R., Ruiz, I. (2006). EL ESTRÉS COMO RESPUESTA. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 1(1), 37-48. <https://www.redalyc.org/pdf/3498/349832311003.pdf> consultado el 17/10/23.

Arenas-Montaño, G., Rodríguez-Alonzo, E., Torres-Lagunas, M.A., Vega-Morales, E.G., Vinalay-Carrillo, I. (2015). Validación psicométrica de escalas PSS-14, AFA-R, HDRS, CES-D, EV en puérperas mexicanas con y sin preeclampsia. *Enfermería Universitaria*. 12(3), 122-133. <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermeria-universitaria-400-pdf-S1665706315000457> consultado el 11/11/23.

Berra Ruiz, E., Gómez Escobar, G. Muñoz Maldonado, S. I., Vega Valero, C. Z., & Silva Rodríguez, A. (2014). Emociones, estrés y afrontamiento en adolescentes desde el modelo de Lazarus y Folkman. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 16(1), 37-57. <https://www.redalyc.org/pdf/802/80230114003.pdf> consultado el 23/09/23.

Betés de Toro, N (2019). *Fundamentos de musicoterapia*. EDICIONES MORATA, S. L, consultado el 15/06/2023.

Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(20), 11818–11823. <https://doi.org/10.1073/pnas.191355898> consultado el 28/09/23.

Cabedo Mas. A., Campayo Muñoz, E.A. (2016). MÚSICA Y COMPETENCIAS EMOCIONALES: POSIBLES IMPLICACIONES PARA LA MEJORA DE LA EDUCACIÓN MUSICAL *Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical*. 13 (1,16) <https://revistas.ucm.es/index.php/RECI/article/view/51864/49963> consultado el 15/10/23.

- Cabrelles Sagredo, M. S. (2007). Las emociones y la música. *Rev. de Folklore*. Tomo 27b. (324) 183- 192. <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmccc2s> consultado el 22/05/23.
- Carrobbles, J.A., Remor, E. (2001). VERSIÓN ESPAÑOLA DE LA ESCALA DE ESTRÉS PERCIBIDO (PSS-14): ESTUDIO PSICOMÉTRICO EN UNA MUESTRA VIH+. *Ansiedad y Estrés*. 7(2-3), 195-201 <https://www.ansiedadestres.es/sites/default/files/rev/ucm/2001/anyes2001a14.pdf> consultado 15/11/23.
- Castillo Charfolet, A., Cuadrado Cenual, M^aA., Peláez Escrivá de Balaguer, G. (2022). ENFERMEDAD DE ALZHEIMER, MUSICOTERAPIA Y LA INTERVENCIÓN DEL TRABAJO SOCIAL, *Revista Internacional de Humanidades*. 2 - 11 file:///C:/Users/alberto/Downloads/HUMAN-M27-A5.pdf consultado el 20/11/23.
- Cebriá, N. (2017). Educación Emocional, evolución del concepto e implicaciones en el marco legal de la escuela Primaria. [Trabajo fin de grado, Facultad de Educación, Universitat de les Illes Balears]. https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/3955/Cebria_Alegre_Noelia.pdf consultado 12/10/23.
- Clínica de la Ansiedad. Ansiedad y estrés <https://clinicadeansiedad.com/problemas/ansiedad-y-otros/ansiedad-y-estres/> consultado el 27/08/23.
- De la parra, I. (2017). Impacto del estrés psicofísico en las alteraciones psicoendocrinas. *Revista Sagij* n°3. <https://www.sagij.org.ar/index.php/publicaciones/revista-sagij/ano-2017-n-3/148-profesionales/publicaciones/revista-numero-actual/ano-2017-n-3/1575-impacto-del-estres-psicofisico-en-las-alteraciones-psycoendocrinas-2#:~:text=En%20el%20estr%C3%A9s%20intervienen%20numerosos,las%20citoquinas%20y%20la%20vasopresina> consultado 26/10/23.
- De Jesús Ramos, A., Noalles Dols A., Rujas Arranz, A. (2019). SEROTONINA: UN NEUROTRANSMISOR QUE IMPACTA NUESTRAS EMOCIONES. *RD- ICUAP*, n°13. file:///C:/Users/alberto/Downloads/358-Texto%20del%20art%C3%ADculo-662-1-10-20210227.pdf consultado el 14/10/23.
- Diccionario del Instituto Nacional del cáncer. (s.f.). Noradrenalina. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/noradrenalina> consultado el 12/12/23.
- Fisac, G y Pardo, M. (2018). La química de las Emociones y los Sentimientos [Archivo PDF]. <http://jesuitasburgos.es/biblioteca/wp-content/uploads/2018/01/SMLa-qu%C3%ADmica-de-los-sentimientos-y-las-emociones.-Gema-Fisac-y-Marina-Pardo.pdf> consultado el 12/10/23.
- Gálvez D., Martínez A., Martínez F. (2015). Estrés. *Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa*, 97, 50-54 <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/revista/97/pdfs/estres.pdf> consultado el 28/08/23.
- Gómez, D. (2019). LA MÚSICA Y LAS EMOCIONES EN EDUCACIÓN INFANTIL. [Trabajo fin de grado, Facultad de Educación y Trabajo Social, Universidad de Valladolid]. <https://core.ac.uk/download/pdf/250406831.pdf> consultado el 23/05/23.
- Grabner, H. (2001). Teoría general de la música. Akal. Pp.147-151, consultado 27/06/23.
- Montalvo Herdoíza, J y Moreira-Vera, D. (2016). El Cerebro y la Música. *Revista Ecuatoriana de Neurología*. Vol. 25, No 1-3. <https://www.utm.edu.ec/investigacion/phocadownload/publicaciones/Publicaciones-Scopu/2016/2016%20CEREBRO-Y-MUSICA.pdf> consultado el 01/10/23.
- Iribarne, L. (2021). Música, emociones y Neurociencias: influencia de la música en las emociones y sus efectos terapéuticos. [Trabajo fin de grado, Facultad de Psicología, Universidad de la República, Uruguay]. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/30492/1/tfg_pdf-1.pdf consultado el 22/05/23.
- Jauset Berrocal, J.A. (2008). Música y neurociencia: La Musicoterapia. Sus fundamentos, efectos y aplicaciones terapéuticas. 1^o edición, Ed. UOC, consultado el 26/06/23
- Lacárcel Moreno, J. (2003). Psicología de la música y emoción musical. *Educatio Siglo XXI*. 20 (213–226) <https://revistas.um.es/educatio/article/view/138/122> consultado el 20/10/23.
- Levitin, D.J. (2018). Tu cerebro y la música. RBA Libros, consultado el 29/09/2023.
- Llangua Vargas, E.F., Insuasti Cárdenas, J.P. (2019). La influencia de la música en el aprendizaje. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo* <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/06/musica-aprendizaje.html/hdl.handle> consultado el 17/11/23.
- López Mejía, D. I., Méndez-Díaz, M., Mendoza-Fernández, V., & Valdovinos de Yahya, A., (2009). El Sistema Límbico y las Emociones: Empatía en Humanos y Primates. *Psicología Iberoamericana*, 17(2), 60-69. <https://www.redalyc.org/pdf/1339/133912609008.pdf> consultado 15/09/23.
- Maturana, A., Varga, A. (2015). EL ESTRÉS ESCOLAR. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 26(1) 34-41. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864015000073> consultado el 17/10/23.
- Mendívil, J. (2020). El origen de la música [Archivo PDF]. <https://iescapayanch-cat.infod.edu.ar/sitio/wp-content/uploads/2020/04/EL-ORIGEN-DE-LA-MUSICA.pdf> consultado el 15/09/2023.
- Meyer, L. B. (1956). *Emotion and Meaning in Music*. Chicago: The University of Chicago Press, consultado el 23/05/23.
- Pallarés, M. (2010). Emociones y sentimientos. Marge Books, consultado el 24/09/2023.

Poch, S. (1999). Compendio de Musicoterapia. Herder. Barcelona. Vol. 1, 8, consultado el 24/06/2023.

Real Academia Española. (s.f). Ethos. En Diccionario la lengua española. <https://dle.rae.es/ethos?m=form&m=form&wq=ethos> consultado el 22/05/23

Regueiro, A. ¿QUÉ ES EL ESTRÉS Y CÓMO NOS AFECTA? [Archivo PDF]. <https://www.uma.es/media/files/tallerestr%C3%A9s.pdf> consultado el 22/10/23.

Rodriguez, R. (2022). EL PAPEL DE LA MÚSICA EN LA REPÚBLICA DE PLATÓN: análisis de la corriente pitagórico-platónica sobre el origen y la función de la teoría y práctica musicales [Trabajo fin de máster, Universidad de Valladolid] https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/58542/TFG_F_2022_208.pdf?sequence=1 consultado el 03/11/23.

Sociedad Española de Inmunología Clínica, Alergología y Asma Pediátrica. ¿QUÉ ES LA ADRENALINA? <https://seicap.es/alergia/tratamientos/adrenalina/> consultado el 12/12/23.

Tizon, M. (2017). Música y emociones: parámetros que modulan la emoción percibida. Musicaenclave. Vol. 11, Número 2. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6972596> consultado el 22/05/23.

Trujillo, L. (2019). LA EDUCACIÓN EMOCIONAL A TRAVÉS DE LA MÚSICA. [Trabajo fin de grado en educación infantil, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/24214/TFG-B.1035.pdf?sequence=1> consultado el 23/05/23.

Versión española de la PSS (s.f) https://www.cmu.edu/dietrich/psychology/stress-immunity-disease-lab/scales/.doc/pss_14_europeanspanish_dr_remor_version_2_0.doc

Wenceslao Capistrán-Gracia, R. (2018). Retomando el enfoque de Émile Jaques-Dalcroze en la formación del profesional de la música. Revista de las artes. 78, (2), 37-55. <https://www.redalyc.org/journal/5611/561159400008/html/> consultado el 18/10/23

Anexo 1

MÚSICA SEDANTE

https://www.youtube.com/watch?v=7DJP4vy6g_A
Sia - Breathe Me

https://www.youtube.com/watch?v=viimfQi_pUw
Ocean Eyes - Billie Eilish

<https://www.youtube.com/watch?v=a2giXO6eyuI>
Adele - set fire to the rain

https://www.youtube.com/watch?v=CvFH_6DNRCY
Debussy - Clair de Lune

<https://www.youtube.com/watch?v=0outJJxAVmE>

John Lennon - Imagine

<https://www.youtube.com/watch?v=3Ca0NxxhFrlg>
"El sonido del silencio" de Simon & Garfunkel

<https://www.youtube.com/watch?v=-iGpLtWlo8A>
"Nocturno en mi bemol mayor, Op. 9, No. 2" de Frédéric Chopin

<https://www.youtube.com/watch?v=JF8BRvqGCNs>
Rihanna - Stay ft. Mikky Ekko

<https://www.youtube.com/watch?v=450p7goxZqg>
John Legend - All of Me

MÚSICA ESTIMULANTE

<https://www.youtube.com/watch?v=S3ATehFJM-4>
Can't Stop The Feeling! - Justin Timberlake
Alegría y optimismo

<https://www.youtube.com/watch?v=3HjNfbPrZF4>
Ojo del tigre - Survivor / Motivación

https://www.youtube.com/watch?v=k_jdYL4pGc4
Linkin Park - In The End

<https://www.youtube.com/watch?v=7wtfhZwyrcc>
Imagine Dragons - Believer

https://www.youtube.com/watch?v=_Yhyp_hX2s
"Lose Yourself" de Eminem

<https://www.youtube.com/watch?v=v2AC41dglmM>
"Thunderstruck" de AC/DC

<https://www.youtube.com/watch?v=hTWKbfoikeg>
"Smells Like Teen Spirit" de Nirvana

<https://www.youtube.com/watch?v=LYU-8IFcDPw>
"Faint" de Linkin Park

https://www.youtube.com/watch?v=G_W5I4QDBN0
Drowning Pool - Bodies

Anexo 2

Respuestas PSS

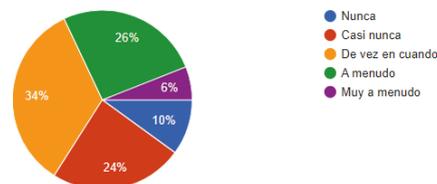
Respuesta 1

Respuestas 2, 3 y 4

En el último mes, ¿con qué frecuencia te has sentido incapaz de controlar las cosas importantes de tu vida?

 Copiar

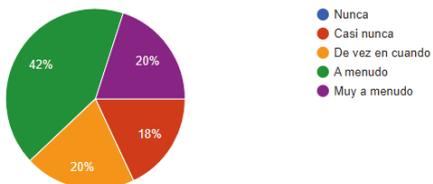
50 respuestas



En el último mes, ¿con qué frecuencia te has sentido nervioso o estresado?

50 respuestas

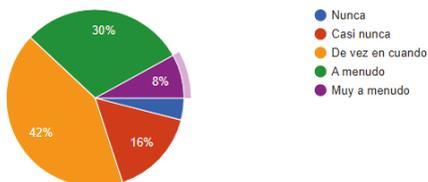
[Copiar](#)



En el último mes, ¿con qué frecuencia has manejado con éxito los pequeños problemas irritantes de tu vida?

50 respuestas

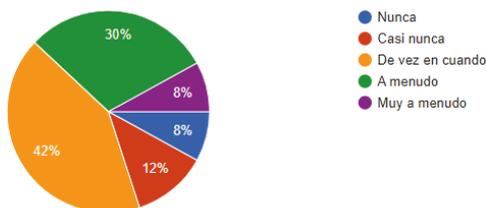
[Copiar](#)



Respuestas 5, 6 y 7

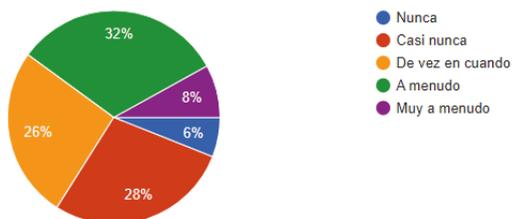
En el último mes, ¿con qué frecuencia has sentido que has afrontado efectivamente los cambios importantes que han estado ocurriendo en tu vida?

50 respuestas



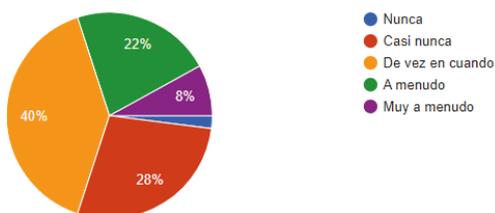
En el último mes, ¿con qué frecuencia has estado seguro sobre tu capacidad para manejar tus problemas personales?

50 respuestas



En el último mes, ¿con qué frecuencia has sentido que las cosas te van bien?

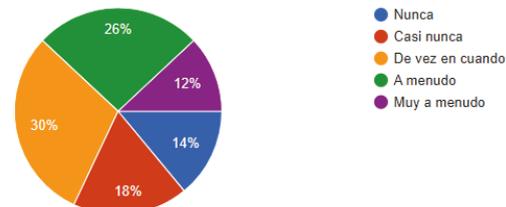
50 respuestas



Respuestas 8, 9 y 10

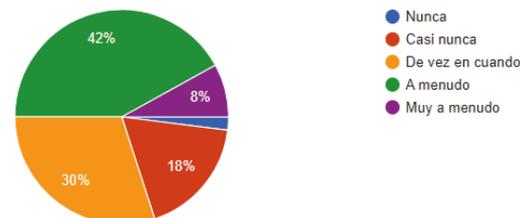
En el último mes, ¿con qué frecuencia has sentido que no podías afrontar todas las cosas que tenías que hacer?

50 respuestas



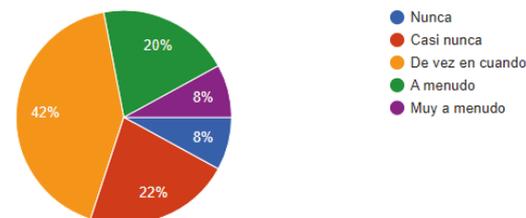
En el último mes, ¿con qué frecuencia has podido controlar las dificultades de tu vida?

50 respuestas



En el último mes, ¿con qué frecuencia has sentido que tenías todo bajo control?

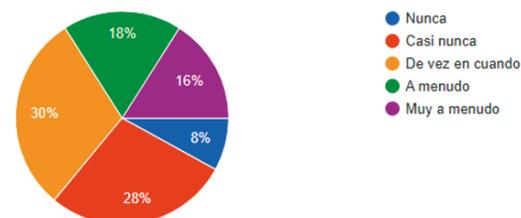
50 respuestas



Respuestas 11, 12 y 13

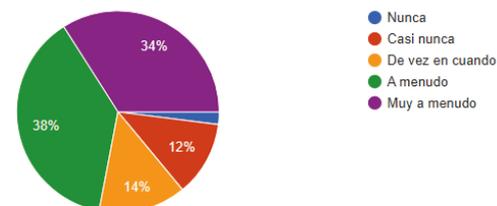
En el último mes, ¿con qué frecuencia has estado enfadado porque las cosas que te han ocurrido estaban fuera de tu control?

50 respuestas



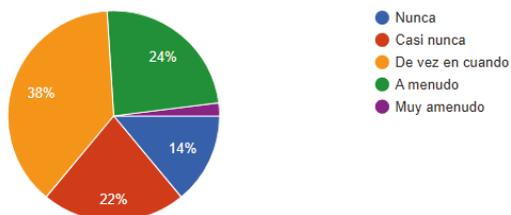
En el último mes, ¿con qué frecuencia has pensado en las cosas que te quedan por hacer?

50 respuestas



En el último mes, ¿con qué frecuencia has podido controlar la forma de pasar el tiempo?

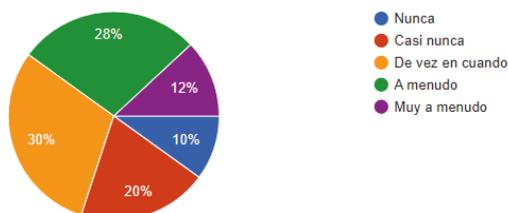
50 respuestas



Respuesta 14

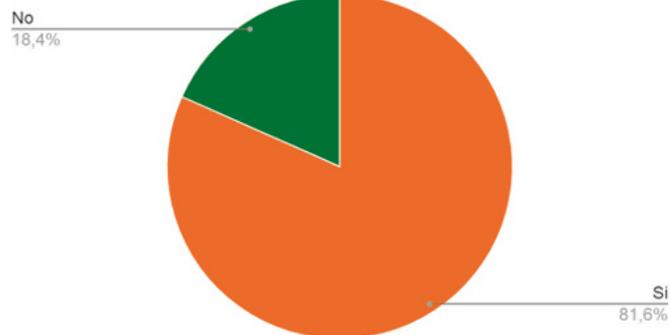
En el último mes, ¿con qué frecuencia has sentido que las dificultades se acumulan tanto que no puedes superarlas?

50 respuestas

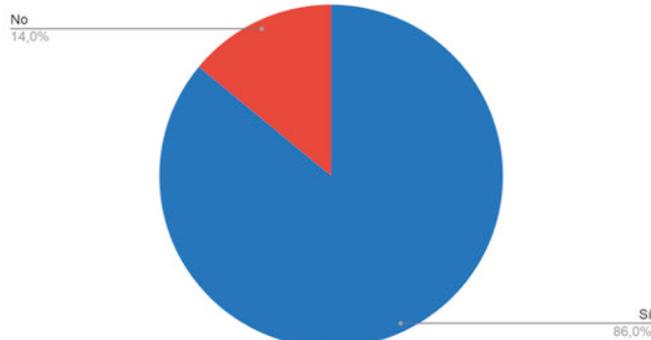


Anexo 3 Pulsaciones y respuestas de la sesión

Recuento de Pulsaciones ¿Disminuyeron?



Recuento de ¿Le relajó?



Anexo 4 Respuestas sobre “Tu canción”

¿Podrías hacerme una breve reflexión sobre lo que te transmitieron las canciones que escuchamos en “Tu canción”?

50 respuestas

Me transmiten alegría y ganas de hacer cosas
 Calma.
 No escucho
 Me gustó mucho
 Alegría
 Las canciones me hicieron descubrir los gustos de los demás, cosa q me sirve de mucho.
 Me sentí bien
 Felicidad
 Nada en especial, algunas eran bonitas al escucharla, pero algo en especial no sentía

¿Podrías hacerme una breve reflexión sobre lo que te transmitieron las canciones que escuchamos en “Tu canción”?

50 respuestas

Tranquilidad
 me siento identificado al traducir la letra de esas canciones
 Me sentí bien relajado y tranquilo
 pues no se
 relajacion
 Pues yo no puse canciones pero las que pusieron no eran mi tipo.
 Que habia muchas canciones, muy diferentes y habia algunas que no conocia.
 Las canciones de reggaeton me trasmitieron recuerdos de fiestas, en cambio las de Beret me trasmitieron tristeza y me hicieron relajarme a comparación de las de reggaeton.

¿Podrías hacerme una breve reflexión sobre lo que te transmitieron las canciones que escuchamos en “Tu canción”?

50 respuestas

tristeza y me hicieron relajarme a comparación de las de reggaeton.
 Las de reggaeton me activaron las otras me pusieron nostálgico y me relajaron
 Me transmitieron felicidad
 Me transmitieron paz.
 las de reggaeton animo en cambio las de menos ritmo me relajaron
 Las canciones de ritmo lento me relajaron
 Las canciones con un ritmo más elevado me animaban y las de un ritmo más pausado me relajaban
 las de menos ritmo me relajaron
 las de reggaeton me animaron mientras que las de menos ritmo me relajaron
 Algunas canciones del género reggaeton fueron capaces de levantarme los ánimos y la energía. En

¿Podrías hacerme una breve reflexión sobre lo que te transmitieron las canciones que escuchamos en “Tu canción”?

50 respuestas

las de reggaeton me animaron mientras que las de menos ritmo me relajaron
 Algunas canciones del género reggaeton fueron capaces de levantarme los ánimos y la energía. En cambio, el resto de ellas lograron calmarme y relajarme
 Las de más ritmo como las de reggaeton , recuerdos con amigos y felicidad, las que eran más tranquilas paz.
 Algunas me llevaban a un estado de relajación y otras me distraían de mis preocupaciones
 Nostalgia.
 Las canciones con mas ritmo me ayudaron a motivarme y a alegrarme en cambio las que eran mas lentas me ayudaron a calmarme y relajarme.
 Las canciones más animadas me transmitían alegría y las más relajadas un poco más de tristeza. Pero ambas ayudan muchísimo a relajarse de una forma u otra.

Anexo 5 Respuestas sobre la sesión

¿Hay algún tipo de comentario sobre la sesión que te gustaría compartir?

50 respuestas

me lo pasé muy bien
Que es muy interesante y deberían realizarse más estudios sobre esto
Un experimento muy original y muy útil
Estuvo muy bien
Me gustaron mucho las actividades
La actividad del jacuzzi me resultó muy estresante más que relajante y la actividad de música y abrazos me animó y me alegró bastante.
Estuvo bien, el ambiente fue bueno para la práctica
A pesar de que el que más me gustó fue el de tu canción no sé si tiene alguna explicación científica cierta pero yo creo que el cerebro suele relacionar música con momentos de la vida entonces si los momentos son bueno la canción te hará sentir bien aunque tenga una intención distinta (pero hablo desde la

¿Hay algún tipo de comentario sobre la sesión que te gustaría compartir?

50 respuestas

ignorancia)
Que se debería de incorporar a las clases para que estemos más tranquilos y mejorar el rendimiento
Quizás solo yo piense esto, pero me hubiera gustado que entre las músicas halla algo de rock, electrónica o heavy. Si bien tienen mucho ritmo y puede activar a la gente, a mi me llegan a relajar y me olvido de las preocupaciones (exámenes).
Sería mejor sesiones más largas para que tenga mayor efecto
Escuchar las canciones que me gustaban me ayudó a despejarme y dejar las preocupaciones del instituto a un lado.
Creo que es un buen método para conseguir liberar estrés entre los estudiantes.
Creo que la actividad del jacuzzi sonoro quizá hubiese funcionado mejor si nos lo hubiésemos tomado más en serio, porque era difícil relajarse con tantas risas de fondo y no sé si de otra manera se hubiesen

¿Hay algún tipo de comentario sobre la sesión que te gustaría compartir?

50 respuestas

Sería mejor sesiones más largas para que tenga mayor efecto
Escuchar las canciones que me gustaban me ayudó a despejarme y dejar las preocupaciones del instituto a un lado.
Creo que es un buen método para conseguir liberar estrés entre los estudiantes.
Creo que la actividad del jacuzzi sonoro quizá hubiese funcionado mejor si nos lo hubiésemos tomado más en serio, porque era difícil relajarse con tantas risas de fondo y no sé si de otra manera se hubiesen obtenido otros resultados.
Me gustó tanto que me hubiera gustado que durará más tiempo
Nada en especial
Me parece un buen método y uso de la música. Creo que no mucha gente se da cuenta de cuánto nos puede ayudar día a día. Y como alguien que depende totalmente de la música, sería agradable que se incluyera más y más en nuestra vida cotidiana.

¿Hubo alguna actividad específica que te haya impactado de manera positiva o negativa?

50 respuestas

la de los abrazos.
La de los abrazos.
La de las canciones, no pensaba que pudieran influir tanto
Si
No, en general todas me han gustado porque me han afectado positivamente.
la del jacuzzi sonoro
la de los abrazos
La actividad de los abrazos tuvo un impacto positivo en mi manera de llevar las cosas.
De forma positiva "Busca tu sonido"

¿Hubo alguna actividad específica que te haya impactado de manera positiva o negativa?

50 respuestas

la de los abrazos
Todas de manera positiva
el de los abrazos me impactó de forma muy positiva
La de los abrazos
La de tu canción me impactó de manera positiva, me gusto mucho y me recordó a momentos de mi vida
Música y abrazos me sorprendió mucho y me encantó la actividad porque me alegraron los abrazos.
La actividad de música y abrazos
La de tu canción si me afectó positivamente ya que fue un buen rato escuchando buena música y me sentí feliz, más negativa fue la del jacuzzi porque lo que a la gente le relaja parece ser que no es lo que me relaja a mí y escuchar un sonido de manera monótona y repetitivo y estando rodeado era estresante

¿Hubo alguna actividad específica que te haya impactado de manera positiva o negativa?

50 respuestas

Todas me han impactado de la misma forma
Tu canción de manera positiva
La actividad de "música y abrazos" me impactó significativa, ya que al escuchar las canciones mientras caminabas te ibas relajando y cuando se paraba pues te entraba calma al abrazar a alguien
Nada me impacto de forma negativa. Pero podría decir que me gustó en la parte de "tu canción" que las personas de ese momento se pusieron a "cantar", me hizo estar calmado y feliz.
La actividad tu canción
Tu canción me impactó de manera positiva y la primera actividad me resultó un poco incómoda.
La de tu canción, positivamente
Me gustó la de los abrazos porque me alegro un poco el día

¿Hubo alguna actividad específica que te haya impactado de manera positiva o negativa?

50 respuestas

La de los abrazos.
La de las canciones, no pensaba que pudieran influir tanto
Si
No, en general todas me han gustado porque me han afectado positivamente.
la del jacuzzi sonoro
la de los abrazos
La actividad de los abrazos tuvo un impacto positivo en mi manera de llevar las cosas.
De forma positiva "Busca tu sonido"
Positivamente "Tu canción"

¿Cómo te sentiste tras la sesión?

50 respuestas

relajado
Desestresada y más animada
muy relajada y de buen humor
Más tranquila
Más contenta y y relajada con un mayor estado de ánimo
Me sentí más contenta y relajada.
Mejor conmigo mismo
Más contento que cuando entre
No estaba nervioso ni antes ni después, así que igual

¿Cómo te sentiste tras la sesión?

50 respuestas

Más relajado
Tranquila y contenta, me gustó mucho y me sirvió bastante para combatir el agobio y el estrés
Inspirado para hacer mates (Un poco más calmado y relajado de lo habitual).
Un poco más relajado
Más relajada
Más relajado y con la mente despejada.
Más feliz
Muy relajado
Bien, relajado

¿Cómo te sentiste tras la sesión?

50 respuestas

Más feliz
Muy relajado
Bien, relajado
Si, bastante. La clase siguiente era matemáticas. Las clases que me cuestan me afectan y estresan bastante, me hacen sentirme bastante inútil al no entender nada. Y eso es frustrante. Como terminamos la sesión cantando todos juntos y felices, había olvidado totalmente el estrés y agobio que traía a lo largo de la mañana. Me sentí bastante relajada y muy cercana a todos, así que pude estar en las siguientes clases de muy buen humor y con menos estrés encima. La música ayuda mucho, y estar con mis compañeros y amigos hace que sea más ameno.
Relajada
Más calmado.
Más o menos

Optimización del aprendizaje

**Un análisis de los distintos métodos de estudio
aplicados a las inteligencias múltiples**

Emma García Morán

Tutora: Andrea Carolina Mosquera Varas

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer especialmente a Andrea Carolina Mosquera Varas por su dedicación y apoyo, sin ella este trabajo no hubiera salido adelante.

También quiero agradecer a todos los profesores que me han apoyado en este trabajo, María Jesús Simón Perea, Pinar Molera y Enrique Ortiz Aguirre por siempre estar dispuestos a resolver todas las dudas que tengamos, escucharnos y ayudarnos.

Gracias a mis amigas y familia por haber sido pacientes y prestar atención a todo lo que les digo.

También a todos los participantes y colaboradores de este proyecto por su ayuda.

*“Hay que enseñar desde el cerebro del que aprende”
Enseñar desde el cerebro del que aprende
José Antonio Fernández Bravo*

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	140
1. RESUMEN	142
2. ABSTRACT	142
3. INTRODUCCIÓN	142
3.1 JUSTIFICACIÓN	142
3.2 HIPÓTESIS	143
3.3 OBJETIVOS	143
General(es):	143
Específicos:	143
4. METODOLOGÍA	143
5. MARCO TEÓRICO	144
1. La inteligencia	144
1.1 Inteligencias múltiples	144
1.2 Tipos de inteligencias	144
2. Memoria	146
2.1 Concepto general y clasificación	146
2.2 El almacenamiento en la memoria.	146
2.3 Memoria sensorial	146
2.4 Memoria a corto plazo	147
2.5 Memoria a largo plazo	147
2.6 Relación entre los tipos de memoria	148
2.7 Factores que influyen en la memoria.	149
3. Métodos de estudio	150
3.1. Tipos de métodos de estudio según las inteligencias múltiples	150
3.2. La memoria en relación con el aprendizaje	151
3.3 Formas de estudiar: resúmenes, mapas mentales y esquemas.	152
3.3.1. Resúmenes	152
3.3.1.1 Propiedades textuales	153
3.3.1.2 Cómo hacer un resumen	154
3.3.2. Mapas mentales	154
3.3.3. Esquemas	156
3.3.3.1 Tipos de esquemas	156
6. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS	157
7. CONCLUSIONES	161
8. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	162
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
10. ANEXOS	163

1. RESUMEN

Este trabajo consiste en la personalización de los métodos de estudio usando como base la tesis de Howard Gardner sobre las inteligencias múltiples, aportando una técnica diferente para seis de los tipos de inteligencias (lingüística, lógico-matemática, visual-espacial, corporal, interpersonal e intrapersonal), además de aplicar una serie de técnicas en el estudio que favorezcan una mejor conservación de la información en la memoria a largo plazo.

Para poder comprobar los beneficios que aportan los métodos de estudio individualizados, se realizará una comparación entre las formas de estudiar determinadas en este trabajo frente a los métodos que usualmente usan los alumnos, basándonos en la nota numérica obtenida por los voluntarios cuando aplican cada uno de los métodos en las pruebas.

Palabras clave: inteligencia, inteligencias múltiples, memoria, resumen, esquema, mapa mental.

2. ABSTRACT

This work consists of a personalisation of study methods based on Howard Gardner's thesis about multiple intelligences. We provide a different technique for six types of intelligences (linguistic, logical-mathematical, visual-spatial, bodily, interpersonal and intrapersonal). At the same time, we apply a series of study techniques that improve the conservation of information in the long-term memory.

In order to verify the benefits of the individual study methods, a comparison will be made between the ways of studying used in this work and the methods that students usually use, based on the numerical grade obtained by the students when they apply each of the methods in tests.

Keywords: intelligence, multiple intelligences, memory, summary, schema, mind map.

3. INTRODUCCIÓN

La inteligencia ha sido concebida durante años como algo único, que solo algunos poseen y de la que muchos carecen. Sin embargo, Howard Gardner en su teoría sobre las inteligencias múltiples propone que todas las personas cuentan con diversas inteligencias que están desarrolladas a distinto nivel. Se ha usado esta teoría como base para personalizar

los métodos de estudio, concretando una forma de estudiar para cada tipo. Además de la investigación sobre los factores que influyen en la memoria para hacer un buen aprendizaje.

Para la experimentación de este trabajo se hará una comparación entre las formas de estudiar seleccionadas en este trabajo y los métodos que comúnmente usan los alumnos, basándonos en la nota numérica obtenida por los voluntarios cuando aplican cada uno de los métodos en las pruebas.

3.1 JUSTIFICACIÓN

Estudiar es algo que siempre se nos ha pedido hacer. Año tras año en el colegio o instituto es necesario aprender una información, entenderla y exponerla correctamente en un examen. Es decir, tienes que estudiar bien para obtener buenos resultados y si recuerdas la información que forma parte de la cultura general mucho mejor. Pero lo cierto es que nadie nos ha explicado nunca cómo estudiar.

Por esto mismo elegí los métodos de estudio como tema de mi trabajo de investigación; yo misma a lo largo de mi vida estudiantil he investigado y probado distintas formas para poder estudiar mejor y creo que hay gente con la que yo misma he convivido, que no obtiene buenos resultados debido a que, a pesar de su esfuerzo, el problema es la forma en la que estudian.

La decisión de centrar el tema en la inteligencia y la memoria se debe a que son dos asuntos que también me interesan. La idea de relacionarlo con la memoria viene del libro *Cuentos de buenas noches para niñas rebeldes 2* en el que se mencionaba un experimento de la neuropsicóloga Brenda Milner, donde se hacían pruebas a un paciente al cual le habían extraído los lóbulos temporales y no era capaz de crear recuerdos a largo plazo, pero al hacerle una serie de pruebas todas las mañanas iba mejorando los resultados que obtenía aunque no recordase realizarlas anteriormente. Me planteé si esto se podía relacionar con operaciones y procedimientos que hacemos en clase, así que decidí usar este tema para mi investigación.

Por otra parte, la intención de hablar también de la inteligencia se debe a la explicación de las inteligencias múltiples que dio Marta Mancebo, una alumna de ciencias del IES Guadarrama, en su trabajo de investigación del curso pasado. Me pareció algo realmente interesante y que se debería tener más presente en la vida, incluyendo en el sistema educativo.

3.2 HIPÓTESIS

Los métodos de estudio se pueden adaptar a cada persona para conseguir un mejor rendimiento académico en relación con la memoria y el tipo de inteligencia.

3.3 OBJETIVOS

General(es):

- Demostrar la necesidad de aplicar un método concreto para cada tipo de inteligencia.
- Investigar técnicas que aumentan la durabilidad de la información en la memoria.
- Específicos:
- Investigar la teoría de las inteligencias múltiples en relación con la educación.
- Comprobar la variación de los resultados obtenidos en la misma prueba al variar los métodos de estudio.
- Buscar formas para adaptar los métodos de estudio a cada tipo de inteligencia.

4. METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo de investigación ha consistido en la revisión de información en relación a los tres bloques que dividen el marco teórico: las inteligencias múltiples, la memoria y el estudio. Para el primer bloque se han usado las obras del autor que propuso dicha teoría: Howard Gardner, incluyendo el libro en el que se publicó la teoría y otras publicaciones más actuales, además de otros autores, como Thomas Armstrong, un psicólogo destacado en este campo. Respecto a la memoria, las fuentes en las que más he basado mi investigación son: un libro escrito por Aníbal Puente, José Moya y Luis Mayor, que trabajaron en el departamento de psicología en la Universidad Complutense y en la de Valencia; y obras de Alan Baddeley, un psicólogo británico y profesor de psicología en la Universidad de York. Por último, para el estudio se han usado fuentes mencionadas anteriormente para relacionarlo con las inteligencias múltiples y la memoria, además de otras fuentes como la explicación de Teodoro Álvarez sobre la realización de un resumen escolar.

Los experimentos han consistido en la realización de una primera prueba a los alumnos voluntarios de primero de bachillerato en la asignatura de Filosofía. En esta primera prueba, los alumnos debieron estudiar con los métodos de estudio que normalmente usan, para ello se escogió la pregunta de uno de los primeros exámenes del curso escolar. La nota obtenida¹ en esa pregunta, puntuada sobre 2,5 puntos, se usará para la próxima comparación con los métodos de estudio personalizados.

A continuación, se inició el proceso relacionado con la información sobre inteligencia recabada para esta investigación. Basándonos en el libro de Thomas Armstrong, *Inteligencias múltiples en el aula: guía práctica para educadores*, se creó un test de inteligencias² que determinaría el tipo de inteligencia más desarrollada de cada alumno. En este cuestionario hay seis preguntas por cada tipo de inteligencia, las cuales no están ordenadas. Además, se incluyó un apartado sobre métodos de estudio que será usado en el análisis de datos.

A partir de la inteligencia más desarrollada se les proporcionó al alumno el método de estudio que ha sido asignado para esa inteligencia, explicado en el apartado 3.1. Si se da el caso en el que dos de las inteligencias aparezcan como las más puntuadas, es decir, igualmente desarrolladas, se les proporcionarán los métodos de ambas para que decidan cuál aplicar o los combinen si es posible.

La decisión de trabajar con seis inteligencias únicamente (lógico-matemática, lingüística, interpersonal, intrapersonal, visual-espacial y cinética), a pesar de que la teoría explica que hay más, se debió a la falta de explicación por parte de Howard Gardner en algunas de las inteligencias. Por ello, se seleccionaron las más presentes en el sistema educativo (lógico-matemática y lingüística) y las mejor explicadas. En un futuro, con una mayor muestra y más tiempo, se podrían realizar los experimentos con todos los tipos de inteligencias. Por ello, en el cuestionario hay seis preguntas por cada tipo de inteligencia, pero no están ordenadas por tipo³.

Tras haber decidido los métodos de estudio para cada voluntario, se le repetirá la prueba anteriormente hecha, pero ahora con la técnica de estudio recomendada, además

1 Ver figura 1: Nota de los alumnos en la primera prueba en anexo 1

2 Ver test de inteligencias múltiples en anexo 1.

3 Correspondencia entre cuestión e inteligencia en el anexo 1.

de la explicación de factores influyentes en la memoria pudiendo que los tengan en cuenta y la información sobre cómo realizar de mejor manera un resumen, mapa mental o esquema. Aunque existe la posibilidad de una mejora en la nota que se obtenga en la prueba al haber estudiado de nuevo el mismo temario, la repetición de la información ayuda a la conservación de la misma en la memoria, además de que la personalización del método de estudio mejora la calidad del aprendizaje.

Para finalizar, se hará una comparación⁴ entre los resultados numéricos obtenidos en la primera prueba y en la segunda con el propósito de ver la posible mejoría en el estudio y sus resultados al haber aplicado métodos más personalizados.

5. MARCO TEÓRICO

1. La inteligencia

La inteligencia es una de las cualidades humanas más investigadas, dado que muchos científicos han intentado entender su estructura y dónde se encuentra. A lo largo del tiempo se han dado numerosas definiciones a este concepto, entre ellas la de la RAE que dice que “la inteligencia es la capacidad de entender o comprender” (Real Academia Española, s.f., definición 1) además de la “capacidad de resolver problemas” (Real Academia Española, s.f., definición 2).

Otra de las definiciones es la teoría de las Inteligencias Múltiples, propuesta por el psicólogo Howard Gardner. A partir de su definición de inteligencia “Una inteligencia implica la habilidad necesaria para resolver problemas o para elaborar productos que son de importancia en un contexto cultural o en una comunidad determinada” (Gardner, 2019: 39). Gardner propone en su teoría sobre las inteligencias múltiples la existencia de más de seis tipos de inteligencias que todos los humanos poseen, aunque cada individuo en mayor o menor medida.

1.1 Inteligencias múltiples

Como ya se ha mencionado, la teoría de las Inteligencias Múltiples (IM) fue creada por el psicólogo Howard Gardner, publicada por primera vez en el libro *Frames of Mind* (1983). Esta teoría niega la idea que ha sido concebida durante muchos años de que existe una única inteligencia, y que los individuos la poseen o carecen de ella. En cambio,

con las inteligencias múltiples, Howard Gardner propone que todas las personas cuentan con diversas inteligencias que están desarrolladas a distintos niveles.

El nombre de esta teoría es, según el propio Howard Gardner:

“Inteligencias múltiples”: “múltiples” para resaltar el número desconocido de capacidades humanas, desde la inteligencia musical hasta la inteligencia implicada en el conocimiento de uno mismo; e “inteligencias” para subrayar que estas capacidades son tan fundamentales como las que tradicionalmente detecta el test de coeficiente intelectual (Gardner, 2019: 11).

Por tanto, al hacer uso de la teoría de las inteligencias múltiples para asumir que según la más desarrollada de cada individuo se pueden concretar los métodos de estudio y que esto tendrá un efecto positivo a la hora de aprender, vamos a hacer un repaso por las inteligencias que hemos tomado en cuenta.

1.2 Tipos de inteligencias

La primera vez que se habló de inteligencias múltiples, con la publicación de *Frames Of Mind* (1983), se incluía la existencia de siete tipos de inteligencias (lógico-matemática, lingüística, musical, intrapersonal, interpersonal, visual-espacial y cinético-corporal); más tarde se añadió la naturalista (Armstrong, 2017; Gardner, 2010). En este trabajo vamos a centrarnos en seis de las primeras inteligencias, dejando a un lado la musical debido a que en las obras consultadas de Howard Gardner no hay mucha explicación sobre ella en comparación con las demás, a su vez, nos vimos con dificultades para aplicar en la práctica de mi investigación. La información usada está basada en las explicaciones que Howard Gardner recoge en sus numerosos libros y aportaciones de otros autores:

- La inteligencia lingüística es la que se relaciona con la capacidad del correcto uso de las palabras, demostrando ser hábil a la hora de expresarse de forma oral y/o escrita. Según Howard Gardner, esta es la inteligencia más universal dado que toda la especie humana tiene la capacidad de comunicarse. Pese a ello, hay personas que la tienen más desarrollada, como los poetas, los oradores, etc. (Gardner, 2009, 2010).

⁴ Los datos están en el apartado de recogida y análisis de datos

Relacionada con la lengua, domina muchos de sus aspectos como la semántica: “significado de una unidad lingüística” (Real Academia Española, s.f., definición 2), la fonética: “perteneciente o relativo a los sonidos del habla” (Real Academia Española, s.f., definición 1), la ortografía: “aplicación de las normas ortográficas” (Real Academia Española, s.f., definición 2) o la sintaxis: “parte de la gramática que estudia el modo en que se combinan las palabras y los grupos que éstas forman para expresar significados, así como las relaciones que se establecen entre todas esas unidades” (Real Academia Española, s.f., definición 1), (Gardner, 2009; Palomares, 2019). Y también, “We must take into account that this intelligence does not involve showing high results in every single indicator. Some people are good at writing stories whereas they are not so good in retelling a story orally” [debemos tener en cuenta que esta inteligencia no implica mostrar resultados altos en cada uno de los indicadores. Algunas personas son buenas escribiendo historias mientras que no lo son tanto a la hora de relatar oralmente] (Palomares, 2019: 24, traducción propia).

- La inteligencia lógico-matemática, según Howard Gardner, “supone la capacidad de analizar problemas de una manera lógica, de llevar a cabo operaciones matemáticas y de realizar investigaciones de una manera científica” (Gardner, 2010: 62). Es, según Armstrong (2017), la habilidad de usar los números con eficiencia y de reflexionar o razonar correctamente. Además, está relacionada con el uso de estrategias para analizar las posibles consecuencias de un suceso o resolver y entender situaciones difíciles (Palomares, 2019). Hay una serie de procesos relacionados con esta inteligencia, entre ellos se encuentra la clasificación, la deducción o el cálculo (Armstrong, 2017). Está presente principalmente en los científicos, como físicos o matemáticos, y en economistas (Armstrong, 2017; Gardner, 2010; Palomares, 2019).
- La inteligencia visual-espacial es propia de quienes tienen sensibilidad hacia el color y las formas, cuentan con la habilidad para visualizar imágenes y son capaces de plasmarlas. Según Palomares (2019), esta inteligencia se ve en personas que recuerdan caras, tamaños, resuelven puzzles con facilidad, pueden interpretar y crear un mapa correctamente y son capaces de ver imágenes en

3D mentalmente. Además de tener la facilidad para situarse y orientarse en el espacio. Está presente en arquitectos, pintores, escultores, guías, directores de películas, entre muchas otras profesiones (Armstrong, 2017; Gardner, 2009; Palomares, 2019).

- La inteligencia cinético-corporal “supone la capacidad de emplear partes del propio cuerpo (como la mano o la boca) o su totalidad para resolver problemas o crear productos” (Gardner; 2010:62), además de para expresar ideas o sentimientos (Armstrong; 2017). Cuentan con esta inteligencia más desarrollada personas que necesitan un dominio completo sobre su cuerpo, como bailarines o actores que precisan gran coordinación y flexibilidad en sus movimientos. Además de personas que solo necesitan un gran control en una parte de su cuerpo, por ejemplo los cirujanos con sus manos a la hora de hacer operaciones o los artesanos cuando crean figuras.

Un concepto conocido por todos que ha aumentado en importancia en los últimos años es la inteligencia emocional. Daniel Goleman, en su libro *Inteligencia emocional*, hace una reflexión sobre la clasificación de Howard Gardner, según la cual la inteligencia emocional estaría conformada por las personales: interpersonal e intrapersonal.

- La inteligencia interpersonal se centra en la capacidad para entender a las personas que nos rodean, sus sentimientos, preocupaciones, motivaciones o formas de trabajar; es importante a la hora de relacionarse con otros. Cuenta con ella más desarrollada quienes tienen empatía, ya que al ser capaz de ver cómo se siente la otra persona pueden ponerse en su lugar y saber qué necesita, por ejemplo los psicólogos o psiquiatras. Además, también la poseen personas que trabajan en profesiones relacionadas con el trato al público, ya que hacen uso de esta habilidad a su favor, como los vendedores o políticos. También los profesores, dado que al ver las preocupaciones, motivaciones o intereses de sus alumnos pueden proporcionarles la ayuda necesaria (Gardner, 2009, 2010; Goleman, 2011).
- La inteligencia intrapersonal está relacionada con el propio individuo. Es la capacidad para entender tus propios sentimientos y emociones, de ponerles nombre, es decir, saber qué es lo que sientes. Al saberlo, las personas que poseen en alto grado esta inteligencia tienen un mayor

control sobre sus reacciones, además de sus deseos o inquietudes. Como es la más privada, recurre a otros tipos de inteligencia para expresarse, como la lingüística o la musical. Es propia en personas que tienen autoestima y autodisciplina. Se ve en psicólogos y filósofos, también en personas con gran desarrollo personal (Goleman, 1995: 429; Gardner, 1995: 53).

En el sistema educativo y en los test de coeficiente intelectual se han valorado especialmente dos de estas inteligencias: la lingüística y la matemática. Por ello, durante muchos años, las demás han pasado desapercibidas o ni se les consideraba como algo que formase parte de la inteligencia. Por ello, en este trabajo se les va a dar la misma importancia a todas las inteligencias usadas, evitando que se menosprecie alguna.

2. Memoria

2.1 Concepto general y clasificación

“La memoria es la capacidad del cerebro de almacenar, retener y recordar la información que ha sido adquirida en un determinado momento de la vida, proviene de la enseñanza sistemática, el desarrollo de alguna actividad o la percepción sensorial de los estímulos” (Montes, 2019: 216).

A lo largo de los años, la memoria ha sido un tema recurrente en las investigaciones. La memoria tiene una clasificación general en la cual se divide en sensorial, a corto plazo y a largo plazo. En los años sesenta se realizó un sistema inicial que explicaba el paso de información de un nivel a otro⁵; pero más adelante se hizo otra versión de este mismo modelo, conocido como el modelo multi-almacén o modelo modal de Richard Atkinson y Richard Shiffrin en 1968, pero nuevas conclusiones llevaron a la necesidad de renovar este modelo (Puente, 2003; Baddeley, 2020). Además, otras investigaciones proponen que los tres bloques de la memoria cuentan con varios subtipos que se explicarán a continuación (Baddeley, 2020).

2.2 El almacenamiento en la memoria.

Antes de indagar en la estructura de la memoria, es necesario entender el proceso que hace que la información se conserve en ella. Toda información retenida en nuestra memoria debe pasar por tres etapas:

- “Codificación: Es el proceso mediante el cual se transfiere determinada información al almacén de la memoria: implica la percepción y la presentación de la información de forma tal que pueda ser manejada con posterioridad” (Puente, 2003: 296). Aunque no todo lo que se capta se registra, dado que nuestros sentidos (quienes reciben la información) reciben constantemente estímulos no son importantes.
- “El almacenamiento se refiere al proceso por el cual retenemos la información en la memoria, y es una fase necesaria para luego poder recuperarla” (Paz, 2022: 19) Es decir, consiste en guardar la información para usarla en el futuro.
- “Recuperación: Es la forma en la que las personas accedemos a la información almacenada en la memoria” (Puente, 2003:296). Consiste en recordar.

Cada etapa requiere de la anterior para poder continuar con el almacenamiento de la información y un fallo en alguna de las etapas puede provocar dificultad a la hora de querer recuperar y usar esa información⁶. Por ejemplo, si se quiere recordar algo que se ha estudiado para un examen, pero al estudiar había muchas distracciones, no se habrá hecho una buena codificación de esa información, lo que dificulta su almacenamiento y asimismo su recuperación (Paz, 2022).

2.3 Memoria sensorial

La memoria sensorial (MS) se encarga de recoger toda la información percibida por los órganos sensoriales. Estos órganos son los encargados de la captación de los estímulos y los responsables de los sentidos (tacto, olfato, oído, vista, gusto y equilibrio) (Anaya,2022). Debido a que se capta información procedente de todos los sentidos, no se realiza una división o jerarquización en la importancia que pueda tener cada estímulo recibido (Puente, 2003).

En esta memoria la información que se recibe no sufre un proceso de reelaboración, sino que es una copia exacta a cómo se recibe. La conservación de esta información es muy breve, de apenas un segundo, solo pasa a un nivel de memoria más estable si se presta atención, en caso de que no sea atendida se olvidará, como sucede con la mayoría de las cosas que percibimos por los órganos sensoriales (Puente, 2003; Paz, 2022).

⁵ Representado en la figura 3, apartado 2.6.

⁶ Se indagará más en este tema en el apartado 3.2 sobre la relación entre la memoria y el aprendizaje.

A su vez, existe la hipótesis de que la propia memoria sensorial se divide en varios subsistemas, tantos como órganos sensoriales existen. Neisser, en 1976, propuso dos subniveles: la memoria icónica (visual), que gracias al experimento de Sperling⁷ en 1960, se sabe que tiene escasa duración; y la memoria ecoica (auditiva), la cual se sigue investigando, pero se obtienen resultados confusos como que su rendimiento se ve afectado por escuchar a un sujeto hablando, pero no por un timbre (Baddeley, 2020).

En este trabajo vamos a considerar la memoria sensorial como aquella que mantiene la información captada por cualquiera de los sentidos.

2.4 Memoria a corto plazo

La memoria a corto plazo (MCP) es un almacén de limitada información y durabilidad. Baddeley (2020) se refiere a ella como la que se encarga de cumplir una determinada tarea, “una que conlleva la simple retención de pequeñas cantidades de información, retención que se pone a prueba de inmediato o al cabo de un corto intervalo de tiempo” (Baddeley, 2020: 64). Este mismo autor también añade que se debe tener en cuenta que no solo se almacena información verbal en la memoria a corto plazo, sino que hay numerosas investigaciones y sus correspondientes experimentos en relación a la visual y espacial, también respecto a la olfativa y táctil, aunque en menor medida (Baddeley, 2020).

Las unidades de información que pueden ser retenidas en la memoria a corto plazo pueden llegar a ser hasta siete (Miller, 1956), pero hay procesos como las agrupaciones que permiten recordar más información ya que se determinaría la capacidad por el número de grupos, no de piezas sueltas. Un ejemplo muy claro sería una fecha, compuesta por día, mes y año; en lugar de recordar la información por separado la agrupamos, de manera que sería una única pieza (Manzanero y Álvarez, 2015).

A lo largo de los años, la idea de una memoria a corto plazo se ha quedado escasa para las acciones de las que se

encarga. Por ello, los investigadores consideraron la existencia de la memoria de trabajo, la cual se define como: “<<Memoria de trabajo>> es el término que utilizaremos para designar un sistema que no se limita a almacenar información temporalmente, sino que también manipula esta información permitiendo que la gente lleve a cabo actividades tan complejas como razonar, aprender y comprender” (Baddeley, 2020: 64).

La diferencia entre la memoria a corto plazo y la operativa es que la operativa “implica un sistema multicomponente, en lugar de un sistema único, y cumple una función prioritaria en el aprendizaje, el razonamiento y la comprensión” (Manzanero y Álvarez, 2015), mientras que la MCP sólo la almacena.

2.5 Memoria a largo plazo

La memoria a largo plazo (MLP) se considera que es ilimitada, es decir que es el nivel donde más información se conserva, desde datos aprendidos en el colegio hasta acciones realizadas hace tres horas (Puente, 2003).

Debido a la gran variedad de información que se almacena, hay varios científicos que han propuesto que la MLP cuenta con varios subtipos, como los explicados en la división propuesta por Squire en 1992.

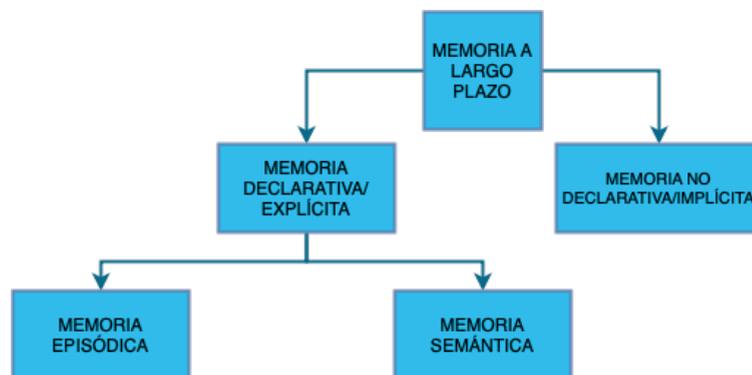


Figura 2: Representación de la división de la MLP propuesta por Squire en 1992. Fuente: elaboración propia en la figura 1.6 del libro Memoria (p.37), por A. Baddeley, 2020, Alianza Editorial.

⁷ El experimento de Sperling consistió en tres fases. Primeramente se presentaban una serie 12 de elementos, como letras o dígitos, durante 50 milisegundos. Estos elementos estaban colocados en tres filas de cuatro elementos cada una y las visualizaban una sola vez. En la segunda fase debían decir los individuos el número de elementos que recordaban cuando estos desaparecían. Durante la tercera fase lo que se hizo fue repetir la primera fase, excepto que después de la presentación de los elementos, se hacía sonar un tono que indicaba qué fila debían recordar (agudo la superior, medio la intermedia y bajo la última), y después decir los elementos de esa fila, se debe tener en cuenta que los individuos no sabían qué tono iba a sonar hasta que acababa la presentación. Se obtuvo en la tercera fase un nivel de éxito del 100 por 100 y se llegó a la conclusión de que la memoria sensorial tiene mucha capacidad pero que desaparece rápidamente la información (Puente, 2003).

- “Declarative memory (or, explicit memory) affords the capacity for conscious recollections about facts and events. This is the kind of memory that is usually referred to when the terms "memory" or "remembering" are used in ordinary language”. [La memoria declarativa (o memoria explícita) proporciona la capacidad de una consciente recopilación de datos y eventos. Este tipo de memoria suele denominarse como “memoria” o “estar recordando” cuando se usan en lenguaje ordinario] (Zola-Morgan y Squire, 1993: 1). También es explicado por el psicólogo John Robert Anderson como “el saber qué” de las cosas del mundo. Suele estar relacionada con el uso del lenguaje, dado que los recuerdos que hay en ella se pueden explicar con facilidad mediante el lenguaje. Además, dentro de este tipo de MLP hay otra subdivisión (Baddeley, 2020):
 - La memoria episódica, que está formada por las experiencias de un sujeto, es decir los eventos individuales y específicos que componen su vida, también llamados recuerdos. Debido a esto, la situación geográfica y temporal tiene gran importancia, ya que son característicos del recuerdo (Puente, 2003; Baddeley 2020).
 - La memoria semántica es el conocimiento general y organizado que se posee del lenguaje y del mundo (Puente, 2003: 304). La información que se conserva en este nivel va más allá del significado de las palabras, pues también se compone de información como el color que tiene un limón, saber cómo funciona una sociedad, entre muchos otros conocimientos (Baddeley, 2020).

A pesar de ser diferentes tipos de memoria, la episódica y semántica son interdependientes; esto se debe a que el conocimiento general de las cosas se aprende a partir de las experiencias del día a día. Por ejemplo, que una cama sirve para dormir se aprende a base de acostarse todas las noches en ella (Puente, 2003).

- La memoria implícita, no declarativa, o procedimental es la que se refiere a momentos en los que se ha realizado un aprendizaje, pero que se plasma en un proceso (Baddeley, 2020; Zola-Morgan y Squire, 1993). También es definida por Anderson como “el saber cómo”. Por ejemplo, atarse los cordones; un aprendizaje que se ve reflejado principalmente en un proceso. Debido a esto, es más difícil a la hora de explicarlo con palabras, por lo que

se usan metáforas o una demostración para comunicarlo (Anderson, 1976; Puente, 2003; Baddeley, 2020).

2.6 Relación entre los tipos de memoria

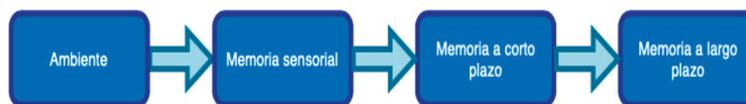


Figura 3: Primer sistema del procesamiento de la información. Fuente: elaboración propia basado en la figura 1.2 del libro Memoria (p.32), por A. Baddeley, 2020, Alianza Editorial.

Como se ha mencionado anteriormente, a lo largo de los años han existido numerosos modelos que pretenden explicar los componentes de la memoria y cómo se produce el paso de la información en ella. La figura 3 es un primer modelo, que más adelante Atkinson y Shiffrin unificaron junto con otras teorías en su modelo multi-almacén o modelo modal (Puente, 2003; Baddeley, 2016, 2020). Este primer modelo resume la información más básica del sistema de memoria: los estímulos procedentes del medio llegan hasta la memoria a largo plazo a través de la memoria sensorial y la de corto plazo.

Por otra parte, el modelo modal de Atkinson y Shiffrin publicado en 1968 se basa en la conexión unidireccional entre los distintos niveles de la memoria, es decir, la información es captada, atendida y llevada hasta la memoria a largo plazo (Baddeley, 2020). La innovación más visible entre este sistema y el representado en la figura anterior es la importancia del olvido, además de una mayor profundización en los niveles de la memoria.

Atkinson y Shiffrin proponían que el primer nivel de la memoria es la sensorial que, como anteriormente hemos mencionado, se basa en la captación de información a través de los órganos sensoriales, la cual procede del medio externo. Debido a que no hay ningún filtro en la información recibida, no todo lo captado pasa a un nivel superior de la memoria, sólo aquello a lo que se le preste atención y lo demás se olvidará (Puente, 2003; Baddeley 2020; basados en la investigación de Atkinson y Shiffrin en 1968 publicada en el libro *Human Memory*).

A continuación, la información que ha sido atendida pasa a la memoria a corto plazo. Según este modelo, la memoria a corto plazo haría, además de su función de retener la información, el trabajo que actualmente se considera que realiza la memoria de trabajo, que es manipular la infor-

mación. Al igual que sucedía anteriormente, si no se presta atención al contenido, este se olvidará, pero si se repasa se mantendrá más tiempo en la memoria a corto plazo hasta pasar finalmente al siguiente nivel de memoria, la memoria a largo plazo (Baddeley 2016).

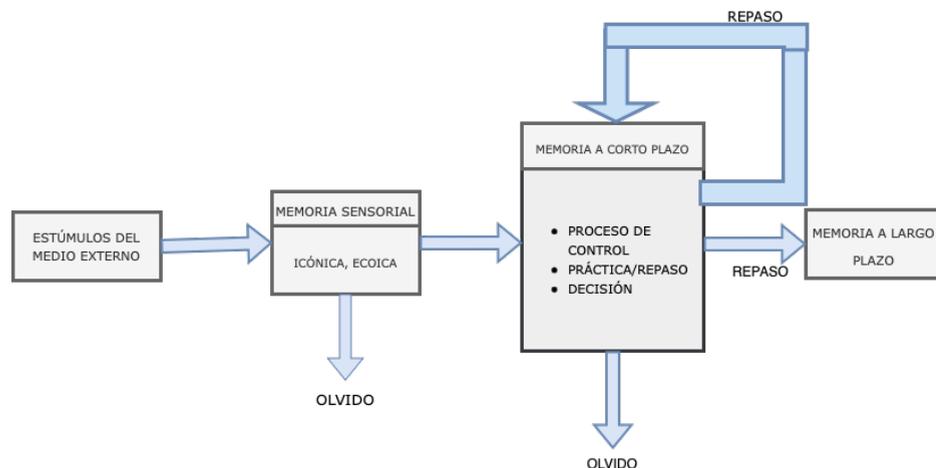


Figura 4: Representación del modelo modal propuesto por Atkinson y Shiffrin. Fuente: elaboración propia basado en Cognición y aprendizaje, fundamentos psicológicos (p.297), por A. Puente, 2003, PIRÁMIDES.

Uno de los problemas de este modelo es la propuesta sobre el movimiento unidireccional de la información, dado que en estudios más recientes se ha propuesto una idea diferente. En este sentido, Alan Baddeley y colaboradores (2020) afirman lo siguiente:

No estamos de acuerdo, sin embargo, con la idea de que hay un solo flujo de información procedente del ambiente y dirigido hacia la memoria a largo plazo [...]. Una gran cantidad de datos derivados de la investigación sugiere que la información fluye en ambas direcciones. Por ejemplo, nuestro conocimiento sobre el mundo, almacenado en nuestra memoria a largo plazo, puede influir en nuestro foco de atención, que determina a su vez qué información entra en los sistemas de memoria sensorial, de qué manera se procesa y si esta información se recordará posteriormente (Baddeley, 2020: 32).

Un ejemplo de lo que proponen estos investigadores es una clase de historia en la que van a explicar la revolución francesa, un alumno recuerda el significado de “revolu-

ción”, sitúa dónde está Francia y presta más atención, es decir la información guardada en su memoria a largo plazo influye en su foco de atención.

2.7 Factores que influyen en la memoria.

La memoria se ve influida por muchos factores que hacen que sea más o menos eficaz. Entre ellos se encuentra el proceso de retención de la información (registro, almacenamiento, recuperación)⁸ el cual puede llevar a problemas. Pero estos factores no son los únicos culpables de que haya dificultades a la hora de memorizar algo. Algunas de las causas son (Paz, 2020):

- La atención, ya que es necesaria para que la información que se reciba pase a un nivel superior de memoria (Puente, 2003). En el caso de que no se dé, cuando el alumno comience a estudiar puede enfrentarse a varios problemas en la comprensión.
- El interés, como se mencionaba anteriormente: alguien que está más interesado en el tema del que está recibiendo información lo recordará con mayor facilidad (Baddeley, 2020).
- La organización, ya que si el material que se debe aprender está organizado se hace con mayor facilidad (Paz, 2020). La falta de organización puede suponer que no se estudie todo el temario necesario al haber perdido hojas de los apuntes.
- La alimentación debido a que una mala dieta puede no proporcionar los suficientes nutrientes como para que el cerebro funcione lo mejor posible (Rojas, 2018).
- El sueño, o mejor dicho, la falta de sueño afecta negativamente al cerebro (Rojas, 2018). Lo cual lleva a mayor dificultad en el entendimiento de las materias escolares.
- El estrés, ya que este afecta a las funciones cognitivas, por lo que dificulta el aprendizaje y la accesibilidad de la información ya presente en la memoria (Paz, 2020; Sandi, 2012).

⁸ Explicado en el apartado 2.2

3. Métodos de estudio

El estudio, definido como “esfuerzo que pone el entendimiento aplicándose a conocer algo” (Real Academia Española, s.f., definición 1) también definido como “la aplicación de la inteligencia en la tarea de comprender, controlar y dirigir el mundo que nos rodea” (Kornhauser, 1979, como se citó en Touron, 1989) es una forma primordial de llegar al aprendizaje, que es la “acción y efecto de aprender algún arte, oficio u otra cosa” (Real Academia Española, s.f., definición 1). Pero a pesar de que sea la forma principal de aprender, puede suceder una sin la otra, es decir se puede estudiar sin aprender y se puede aprender sin estudiar (Touron, 1989).

Javier Tourón (1989), catedrático en Diagnóstico de Educación y Métodos de investigación, además de doctor en Ciencias Biológicas y Ciencias en Educación, explica que si el camino para llegar al aprendizaje es el estudio, el método de estudio será formado a base de los fundamentos, reglas, trucos y procedimientos que proporcionarán al estudiante una guía para avanzar eficientemente. También hay que tener en cuenta que los hábitos que se siguen al estudiar son algo personal de cada estudiante dado que están ligados a sus capacidades, personalidad y circunstancias de cada individuo (Baeza López, 1981, como se citó en Touron, 1989).

En este trabajo se considera que los métodos de estudio se pueden adaptar más a cada persona según su inteligencia o inteligencias más desarrolladas basada en la teoría de las inteligencias múltiples y teniendo en cuenta los factores influyentes en la conservación de la información en la memoria.

3.1. Tipos de métodos de estudio según las inteligencias múltiples

Durante los últimos años, las nuevas teorías han propuesto cambios en la forma de enseñar los contenidos, incluyendo la aplicación de la teoría de las IM. Estos cambios relacionados con las inteligencias van enfocados principalmente a reformas aplicables en el aula que proporcionen la inclusión de todas las inteligencias.

A partir de distintas fuentes, principalmente de uno de los libros de Thomas Armstrong llamado *Inteligencias múltiples en el aula: Guía práctica para educadores* y el libro de Howard Gardner *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*, se han recopilado las estrategias

propuestas, ya sean dirigidas a los estudiantes o al profesorado, que puedan aplicar los alumnos mientras estudian:

- Las personas con la inteligencia lingüística, como ya hemos desarrollado en el apartado 1, son aquellas que cuentan con un buen dominio del lenguaje, siendo hábiles al expresarse y por ello en el uso de recursos del habla. Algunas de las técnicas que se dan en relación con esta inteligencia son el uso de la narración y la escritura. La narración, vista como contar una historia, se relaciona con la escritura si se hace por escrito, también grabarse mientras se estudia proporciona un mayor dominio de las habilidades verbales (Armstrong, 2017; Gardner, 2012). Por tanto, a partir de esta información hemos determinado que el método de estudio más indicado es hacer resúmenes de los contenidos que se deban aprender. En algunas asignaturas, como pueden ser Matemáticas o Física, que son más numéricas, el resumen será de los pasos que hay que seguir para resolver los enunciados o también hacer uso de analogías y metáforas para comprender mejor los procesos. Por ejemplo, para entender las restas se puede proponer la teoría como una historia en la que los personajes se quitan cosas entre ellos.
- Respecto a la inteligencia lógico-matemática existen numerosas estrategias que no son sólo aplicables a las asignaturas numéricas, ya que el pensamiento crítico está también relacionado con la inteligencia lógico-matemática (Armstrong, 2017). Un ejemplo de estrategia consiste en buscar aspectos numéricos (las bajas del ejército tras las guerras) en asignaturas no puramente numéricas, como puede ser Historia (Armstrong, 2017; Gardner, 2012). Pero la conexión entre los números y las asignaturas no siempre es posible, por lo que en esos casos se puede recurrir a otros métodos. Hacer uso de las clasificaciones y las categorías también es útil para quien cuenta con la inteligencia lógico-matemática bastante desarrollada, dado que proporciona un marco racional. Por otro lado, se encuentra la heurística, que consiste en la “manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, etcétera” (Real Academia Española, s.f., definición 4). Armstrong menciona el uso de analogías entre el problema que se quiere resolver y otros. Es decir, la comparación entre ejercicios anteriores buscando similitudes que facilitan la resolución del problema, mien-

tras que en asignaturas no numéricas, la comparación se puede hacer, en el caso de la literatura, entre los teatros de dos épocas, buscando sus similitudes y diferencias (Armstrong, 2017). También hay vías lógicas, que son aquellas que hacen uso de silogismos “argumento que consta de tres proposiciones, la última de las cuales se deduce necesariamente de las otras dos” (Real Academia Española, s.f., definición 1) para poder sacar conclusiones (Gardner, 2012; Armstrong, 2017). En definitiva, la propuesta de métodos para estudiar teniendo en cuenta la inteligencia lógico-matemática, se basa en el uso de esquemas, incluyendo subtipos (tablas, listas, pirámides, etcétera), explicados en el apartado 3.3.3.1 (Armstrong, 2017).

- Las personas con la inteligencia visual-espacial muy desarrollada se ven beneficiadas por el uso de la visualización de los conceptos en su mente, además de por el uso de metáforas gráficas, imágenes o símbolos (Armstrong, 2017). Por esto mismo, el uso de mapas mentales para estudiar puede proporcionar facilidad para aprender los contenidos. Los mapas mentales son un tipo de esquema con menos contenido en el que se pueden incluir imágenes y numerosos colores (Montes, 2019), lo cual es importante debido a que muchas de las personas con la inteligencia visual-espacial más desarrollada son sensibles a los colores. Esto puede conseguirse incluyendo el uso de un sistema de color para señalar la información, es decir que se asigne un color para las distintas partes del temario, por ejemplo rojo para lo más importante, azul para fechas, etcétera. También el uso de dibujos, por ejemplo para aprender las partes de un animal (Armstrong, 2017).
- El uso del cuerpo puede ser una de las formas para aprender mejor, principalmente para las personas con inteligencia cinética más desarrollada, por ello el movimiento durante el estudio es primordial (Armstrong, 2017). El movimiento puede ser de todo el cuerpo, Armstrong lo propone como *teatro de la clase* (Armstrong, 2017: 114) que consiste en la representación de un suceso, como por ejemplo la reproducción: donde una persona representa al óvulo y el resto de la clase son espermatozoides, por lo que se elige a quien será el óvulo, dejando a esa persona a un lado del aula; el resto de los alumnos, los espermatozoides, tienen que correr para desabrocharle la chaqueta y atravesar las capas del óvulo. También puede

ser la explicación solo con una parte del cuerpo, como la representación de la mitosis con movimientos de las manos. Estos estudiantes también asimilan mejor los conceptos con el manejo manual, de manera que ir al laboratorio, o usar semillas para aprender el crecimiento de una planta puede aclarar más los conceptos (Armstrong, 2017; Gardner, 2012).

- Para la inteligencia interpersonal la principal estrategia consiste en la interacción con otros compañeros. A través de la cooperación, la explicación o preguntas mutuas sobre el temario es la estrategia primordial para aprender los contenidos (Armstrong, 2017; Gardner, 2012).
- Las personas con mayor inteligencia intrapersonal aprenden mejor reflexionando sobre el temario a solas y asimilando la información a su propio ritmo (Armstrong, 2017). Debido a esto, el método que va a ser usado por personas con mayor inteligencia intrapersonal es el repaso del temario sin la presencia de otras personas.

A pesar de que cada inteligencia recurre a un método distinto, en este trabajo las personas que tengan dos inteligencias igualmente desarrolladas según el test podrán utilizar ambos métodos; principalmente aquellas personas que tengan más desarrolladas las personales o la corporal, ya que estas inteligencias no manipulan información. En el siguiente apartado se explicará que el intento de memorización exacta de un contenido puede suponer un error en el almacenamiento de la información por una falta de comprensión.

3.2. La memoria en relación con el aprendizaje

Todo aprendizaje está relacionado con la memoria, dado que realmente no se puede aprender, por ejemplo, a completar un cubo de rubik si no se recuerdan los pasos que se deben seguir. Es decir, el procedimiento debe estar guardado en la memoria.

Durante el proceso de memorización de una información puede haber fallos o errores que generan dificultades a la hora de recuperar la información, lo que es considerado comúnmente como el olvido (Paz, 2022). Las etapas que forman este proceso han sido desarrolladas en el apartado 2.2.

Los posibles errores en cada una son los siguientes:

- En la codificación, es decir, la etapa en la cual la información llega a la memoria, el fallo suele ser la falta de atención por estímulos externos que distraen. Por ejem-

plo, si un individuo está leyendo sus apuntes mientras tiene la televisión encendida, la distracción (el programa que se está reproduciendo) hace que no se ponga la suficiente atención a lo que se está estudiando. Otro error es la equivocación en el temario estudiado, por lo que se aprende un capítulo diferente al que se debería y por tanto la recuperación de la información verdaderamente necesaria no se puede dar (Paz; 2022).

- Respecto al siguiente nivel, el almacenamiento, los fallos se deben a si se ha codificado mal, o en el caso de que sí se haya prestado atención suficiente, el problema se verá si hay una falta de comprensión del temario debido al intento de una memorización exacta de cada palabra. También puede ser debido a la falta de conexión entre conocimientos, por ejemplo que no se relacionen las causas de la Segunda Guerra Mundial con las consecuencias, por tanto, aunque se recordasen las causas habría problemas para recordar las consecuencias. Otro fallo es el estudio de diferentes materias de manera muy seguida y sin descansos intermedios. Si se estudia Lengua e Historia sin parar la teoría se puede guardar de manera que recuerdes únicamente una o que esté mezclada la información (Paz, 2022). Esto, en Psicología, se denomina interferencia (o bien proactiva o bien retroactiva, según afecte algo anterior a un suceso o información que vaya después, o un suceso o información posterior que afecte a algo anterior).
- Por último, en la recuperación se presentan dificultades si ha habido fallos en las etapas anteriores o si en el momento de recuperar la información están presentes los nervios o el estrés.

Por todo ello, en definitiva, para la correcta memorización y recuperación se deben tener en cuenta los factores influyentes en la memoria propuestos en el apartado 2.7. Además, existe la posibilidad de que aunque se haga una correcta memorización, no siempre es posible la recuperación de la información retenida, es decir, la formación del recuerdo. La Psicología estudia ciertas causas del olvido que impiden la recuperación de información almacenada.

3.3 Formas de estudiar: resúmenes, mapas mentales y esquemas.

3.3.1. Resúmenes

Los resúmenes son la “exposición resumida de un asunto o materia” (Real Academia Española, s.f., definición 2). Para poder reducir la cantidad de información, se deben realizar una serie de procesos cognitivos y lingüísticos que permitan seleccionar y jerarquizar las ideas (Álvarez, 2014). Los resúmenes hacen más fácil el aprendizaje del temario, su comprensión y la atención necesaria para su aprendizaje (García y García, 2007).

Teodoro Álvarez (2014) propone que las etapas que hay que seguir para hacer un buen resumen son la comprensión y la producción. La comprensión se basa en el trabajo de la información del texto base o de partida (T) a partir del cual se hacen unas transformaciones léxicas, sintácticas y semánticas, como puede ser el uso de sinónimos y reelaborar las oraciones sintácticas. Después de esto se inicia la fase de producción, donde se hace una reescritura general del texto aplicando los cambios anteriormente hechos, pero atendiendo a las propiedades textuales (Álvarez, 2014). Estas etapas están representadas en la siguiente imagen:

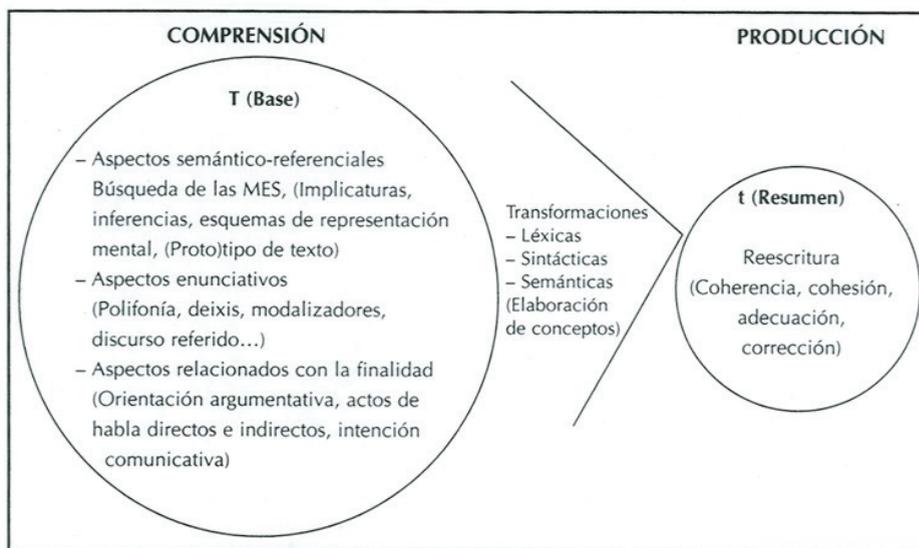


Figura 5. Representación del proceso de resumen de textos. Fuente: Adaptado de “A vueltas con el resumen escolar. Esta vez en la pizarra, con tiza y borrador” por T. Álvarez Angulo, 2014, Letra 15, 1(2).

Otros modelos propuestos por diversos autores, por ejemplo Linda Flower y John Hayes, proponen las etapas de planificación, de redacción y de revisión para poder elaborar un resumen (Casals, 2022; Monereo, 2002). En este trabajo vamos a conjugar ambas propuestas.

3.3.1.1 Propiedades textuales

Las propiedades textuales son algunas de las características lingüísticas y estilísticas que justifican que el texto es una unidad comunicativa. Estas son la coherencia, la cohesión y la adecuación.

a) La coherencia se basa en la conexión que hay entre cosas o piezas de información (Real Academia Española, 2022). Está presente en todo el texto, permitiendo que el conjunto tenga sentido. Para que un texto sea coherente es necesario que cumpla con unas características relacionadas con los subniveles de la coherencia, incluyendo la relación entre los párrafos o partes que lo componen. Debido a esto, el texto también cuenta con una estructura; además de que la información que transmite no contradice el sentido común humano o las normas universales del conocimiento humano (Casals, 2022).

La coherencia se divide en tres subniveles: el primero es la coherencia global, que propone la identificación de un tema general del texto, ya que esto implica que todas las ideas tienen una relación. La coherencia lineal o estructural, por otro lado, se basa en la relación entre las distintas partes o párrafos del texto; está presente en un texto si hay una correcta selección de la información expuesta, evitando las repeticiones excesivas, además de un orden en la información, contando con la presencia de ideas principales y secundarias. Por último, la coherencia local consiste en que no haya incongruencias ni contradicciones entre las oraciones del texto. Para la coherencia local se suele añadir que no contradiga las leyes universales del saber humano (es decir, los conocimientos que tienen los seres humanos del mundo, las cosas y ellos mismos), pero las leyes cambian según el tipo de texto del que se trate, ya que en los textos narrativos suceden cosas que no serían lógicas en uno expositivo, como que los animales hablen (Casals, 2022).

b) Respecto a los mecanismos de cohesión, se basan en el uso de recursos que unan las ideas. Entre ellos se encuentran los recursos léxicos o cohesión léxica, que son los que

relacionan el texto con la realidad a la que se refiere (Casals, 2022: 138). Incluye las repeticiones, la sinonimia (palabras con el mismo significado), antonimia (palabra con significado contrario), el uso de hiperónimos (palabra que engloba otras, por ejemplo animal) e hipónimos (conjunto de palabras englobadas, por ejemplo caballo, perro...). También están presentes los recursos gramaticales o cohesión y se centran los elementos que dan unidad al texto, como la anáfora, en la que se reproduce el significado de una información que ha aparecido anteriormente, o la catáfora, en la que se anticipa una información que va a aparecer próximamente en el texto.

La cohesión textual está compuesta por los marcadores discursivos que permiten la unión entre oraciones y partes. Existen numerosos tipos de conectores, entre ellos (Casals, 2022):

- Adición: expresa suma (asimismo, incluso, aparte, además...).
- Oposición: que inicia un contraste entre ideas (por otro lado, sin embargo, en cambio...).
- Causalidad, que atiende a las consecuencias (por tanto, en consecuencia, por eso...).
- Localización espacial: que sitúan en un lugar en el espacio (al lado, encima en frente...).
- Localización temporal: que sitúan en un tiempo (en un principio, más tarde, antes que nada...).
- Reformulación, que permite expresar las ideas de forma diferente. Puede ser de explicación (es decir, esto es), de conclusión (en resumen, en fin, en conclusión) o de ejemplificación (por ejemplo).
- Ordenación para señalar las distintas partes del texto: los conectores de introducción (en principio, para comenzar...), los de continuación (bueno, entonces), de transición (por otra parte, en otro orden de cosas), de enumeración (primero, segundo) y de cierre (en fin, finalmente).

c) Por último, la adecuación es la propiedad textual centrada en la gramática, es decir en la relación entre el lenguaje y sus hablantes. Tiene en cuenta las funciones del lenguaje predominantes en el texto y si se adecúan a la situación comunicativa. Algunas de las funciones del lenguaje son: función representativa, si está relacionada con el contexto; función expresiva, si está relacionada con el emisor (la persona que transmite el mensaje); función apelativa, si está

relacionada con el receptor, es decir, la persona que recibe la información; o función poética, si está relacionada con el mensaje (la información que se transmite) (Casals, 2022).

Funciones del lenguaje	Elementos de la comunicación	Intención comunicativa	Elementos lingüísticos	Textos y discursos
Representativa o referencial	Contexto	Transmitir información	Frases enunciativas, modo indicativo, léxico objetivo y entonación neutra	Textos informativos (noticias), textos científicos y técnicos
Apelativa	Receptor	Influir sobre la conducta de receptor	Frases interrogativas, modo imperativo, vocativos y léxico connotativo	Conversaciones (peticiones, órdenes, consejos...) textos publicitarios y discursos políticos
Poética	Mensaje	Llamar la atención sobre el propio mensaje	Recursos retóricos y léxico connotativo	Textos literarios, publicitarios y coloquiales
Expresiva o emotiva	Emisor	Transmitir sentimientos y opiniones subjetivas	Frases exclamativas, modo subjuntivo, registro coloquial, y léxico subjetivo: adjetivos valorativos y sufijos afectivos	Conversaciones, cartas personales, diarios y textos literarios
Metalingüística	Código	Explicar la propia lengua	Frases enunciativas y léxico denotativo	Explicaciones lingüísticas, diccionarios y gramáticas
Fática o de contacto	Canal	Establecer y mantener la comunicación	Frases estereotipadas, modo indicativo, léxico denotativo y connotativo	Conversaciones sociales y telefónicas

Figura 6: Tabla funciones del lenguaje. Fuente: elaboración propia adaptado *Lengua castellana y literatura 1 Bachillerato*, LOMLOE (p.142) por S.Alonso, P. Lumbreras, A. Pérez, y A. López, 2022, Casals.

3.3.1.2 Cómo hacer un resumen

Para la realización de este tipo de textos conviene seguir las fases anteriormente mencionadas, que serán explicadas a continuación:

- El inicio del proceso de redacción de un texto se constituye con la etapa de planificación o preescritura que incluye la comprensión. En esta primera etapa se organiza la información previa necesaria para escribir un resumen, como el tema que se trata o a quién está dirigido (Casals, 2022). Por otro lado, se deben seguir unos pasos para que se dé la comprensión. Esta se dará en mayor o menor medida según la información que se conozca sobre el tema del texto, las palabras usadas, etcétera (Monereo, 2002).
- Para la comprensión se debe iniciar leyendo y entendiendo el texto. Para ello, se pueden aplicar estrategias

para facilitar el entendimiento, como la búsqueda del significado de las palabras desconocidas (Álvarez, 2014; Monereo, 2002). Para trabajar la primera idea del texto se puede plasmar lo que se haya entendido, aunque sea de forma desordenada (Álvarez, 2014).

- A continuación, se seleccionan las ideas principales y secundarias y el contexto que se va a incluir en el resumen, se condensan las expresiones, pero de manera que se siga entendiendo lo que quieren transmitir. Ello constituirá la parte del texto que ayude a un mejor entendimiento (Álvarez, 2014; Casals, 2022). Con esta organización habría acabado la etapa de planificación.

- La siguiente etapa es la producción, redacción, escritura o traducción, que consiste en cambiar la forma en la que están expresadas las ideas, pero sin cambiar el mensaje, de manera que haya una equivalencia entre la información.

Se realizan cambios semánticos, léxicos y gramaticales (Álvarez, 2014). Las ideas reformuladas se expresan de manera ordenada y lógica, atendiendo a las propiedades textuales explicadas anteriormente, de manera que todo el texto tenga relación en torno a un tema central y esté organizado. En el caso de la adecuación, se debe usar una función del lenguaje apta para la situación en la que se encuentra, es decir, apta para la futura redacción en el examen (Álvarez, 2014; Casals, 2022).

- Por último, se da la fase de revisión o reescritura, donde se vuelve a leer el resumen comprobando que cuente con un sentido general, que las ideas estén claras, y se revisa la ortografía, acentuación y puntuación. En el caso de que se encuentre algún error, este se debe modificar (Casals, 2022; Monereo, 2002).

3.3.2. Mapas mentales

Hemos definido los mapas mentales como una herramienta gráfica para la representación de la información de forma holística, lógica y creativa, en su concepción y percepción, mediante una estructura creciente y organizada,

compuesta por un conjunto de palabras e imágenes claves, símbolos, números y colores; asociaciones, conexiones y relaciones jerárquicas, que integran los dos modos de pensamiento lineal y espacial del cerebro, lo que permite analizar y sintetizar los contenidos, para el manejo de la información, la toma de notas y el recuerdo (Montes, 2019: 242).

Los mapas mentales son muy similares a los esquemas, constituyendo un subtipo de los mismos, pero estos representan la información de manera concreta y con la posibilidad de relacionar en mayor grado las ideas.

Los pasos para realizarlos son (Montes, 2019):

- Para empezar, lo primero que se debe hacer es recopilar el material que se vaya a usar durante la creación, es decir preparar el temario, los materiales escolares, el papel y cualquier otra herramienta que el estudiante considere necesaria para hacer un mapa mental.

- El siguiente paso consiste en leer y asegurarse de que se comprende la información, buscando el significado de aquello que no se entienda.
- A continuación, se deben localizar las ideas principales en el temario proporcionado. Es decir, se realiza una relectura del texto, apuntando o subrayando las ideas principales.
- Por último, se representa la información elegida en forma de mapa mental. La hoja se sitúa en horizontal, ya que habilita la posibilidad de añadir imágenes o dibujos aprovechando más el espacio; en el centro del papel va el título o imagen principal, a partir de la cual se extraen las líneas o “ramas” que conducen a los subtítulos y al resto de ideas. Por cada información nueva se añade una rama, pero se debe tener en cuenta que las ideas más cercanas son las más importantes (Montes, 2019).

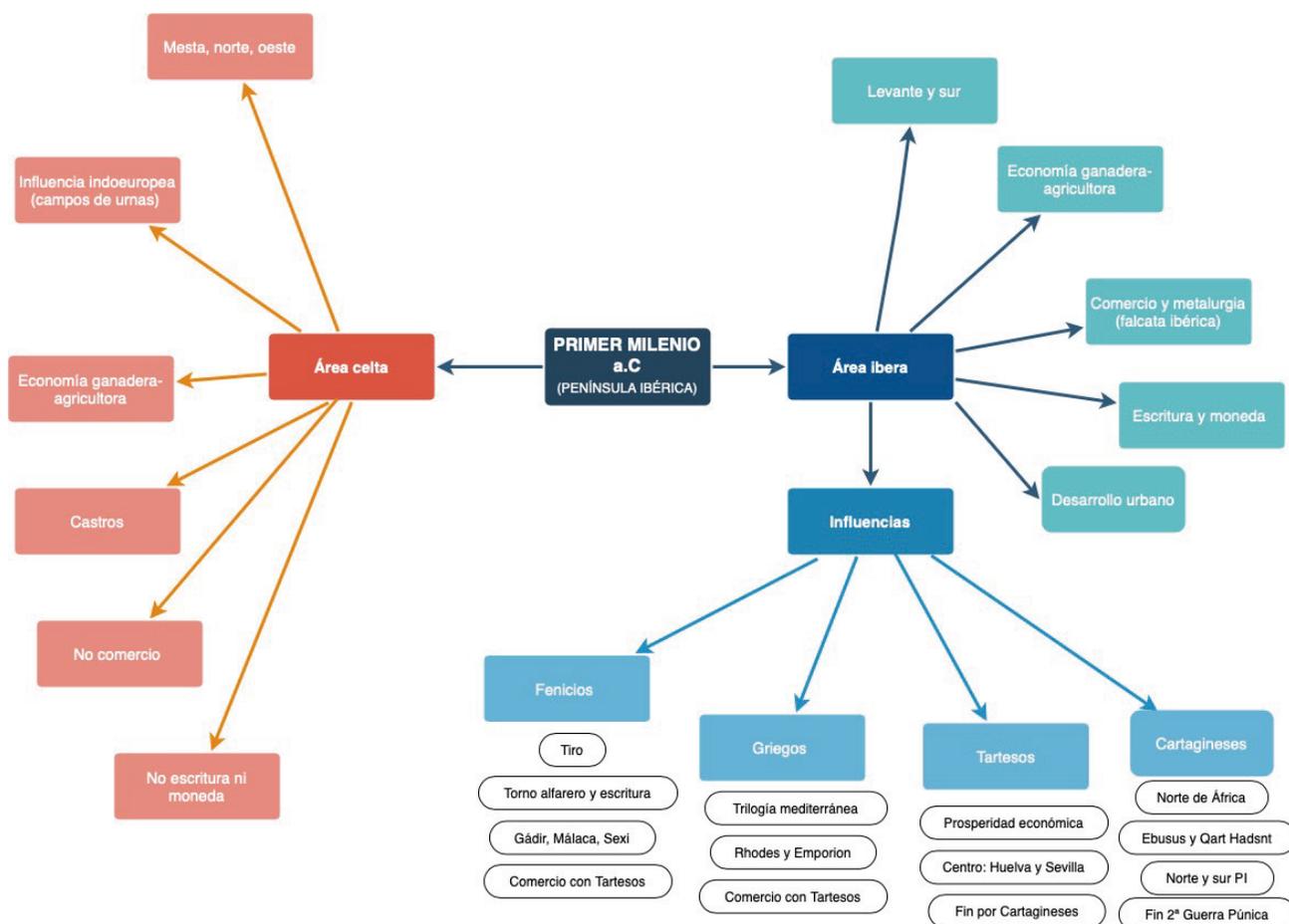


Figura 7: Los pueblos prerromanos. Fuente: elaboración propia basado en el temario de Bachillerato. Ver ejemplo en anexo, figura 8.

3.3.3. Esquemas

Los esquemas son un método de estudio que se centra en las ideas principales y secundarias representándolas de manera clara, mostrando fácil y lógicamente la estructura del texto. A diferencia de los resúmenes, los esquemas permiten ver directamente toda la información importante extraída del texto inicial (García y García, 2007). Los pasos que hay que seguir para realizar un esquema son (Vázquez y Reding, 2020):

- Se debe iniciar haciendo una lectura general y comprobando la comprensión general del texto. Después se repite la lectura, pero de forma más atenta.
- A continuación, se debe localizar en el temario proporcionado el tema, las ideas principales y las secundarias. Se anotan en el margen o en otra hoja las palabras claves o frases cortas en cada parte del texto, de manera que se condense la información importante.
- Por último, se representa la información elegida en forma de esquema. Existen muchos tipos, por lo que se selecciona el que más encaje con el temario que se deba aprender.

3.3.3.1 Tipos de esquemas

Hay una gran variedad de tipos de esquemas según la orientación del papel que se desee usar y la cantidad de información que se vaya a exponer (explicando las ideas principales o no), algunos de ellos son:

- Esquema numerado: usados generalmente para hacer índices de estudio, los títulos de los apartados están numerados y los subtítulos se incluyen dentro de los diferentes bloques (Vázquez y Reding, 2020).

Bioquímica

1. Bioelementos
 - 1.1 Primarios
 - 1.2 Secundarios
 - 1.3 Oligoelementos
2. Biomoléculas
 - 2.1 Inorgánicas
 - 2.1.1 Agua
 - 2.1.2 Sales minerales
 - 2.2 Orgánicas
 - 2.2.1 Glúcidos
 - 2.2.2 Lípidos
 - 2.2.3 Proteínas
 - 2.2.4 Ácidos nucleicos
 - 2.2.4.1 ARN
 - 2.2.4.1 ADN

Figura 9: Índice tema bioquímica. Fuente: elaboración propia basado en el temario de Bachillerato.

- Esquema vertical u horizontal: en este tipo de esquema se representa la información de manera ordenada según su importancia. Se puede hacer en vertical, de manera que lo más importante se encuentra más arriba, o en horizontal, donde lo más importante está más a la izquierda (Koruro, 2023).



Figura 10: Romanización de la Península Ibérica. Fuente: elaboración propia basado en el temario de Bachillerato. Ver más ejemplos en anexo 1, figura 11 y 12

- Diagrama de flujo, que sirve para exponer de manera visual y resumida un proceso (Koruro, 2023).

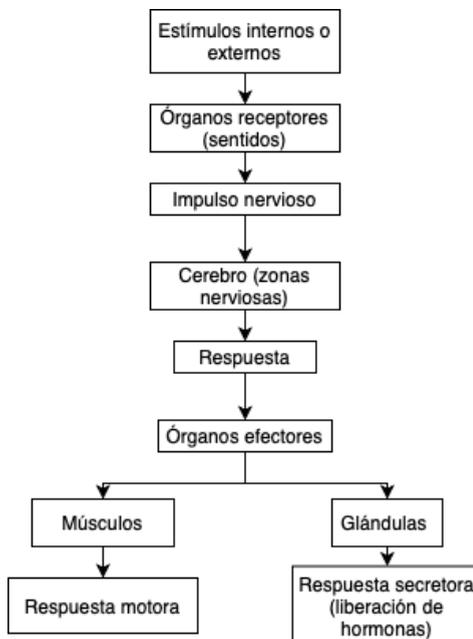


Figura 13: Captación y respuesta ante estímulos. Fuente: elaboración propia basado en el temario de Bachillerato.

- Línea temporal: para plasmar la sucesión de acontecimientos o de conceptos (Koruro, 2023).



Figura 14: Alegoría de la línea de Platón. Fuente: Elaboración propia basado en el temario de Bachillerato. Ver ejemplo en anexo 1, figura 15

- Esquema gráfico: usado principalmente para procesos o jerarquizaciones, puede ser en forma de pirámide o circular (Ruiz, 2015).

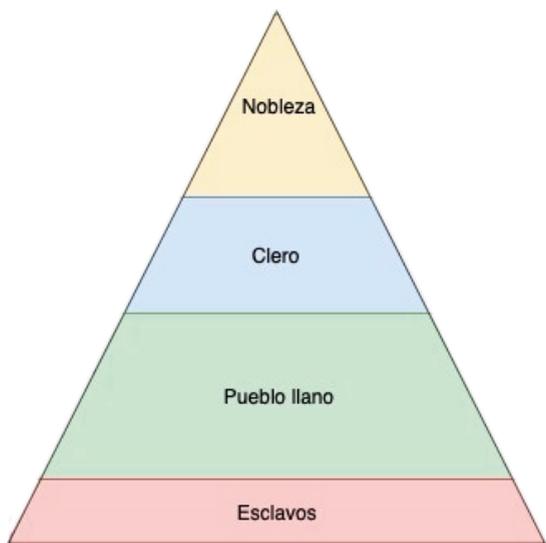


Figura 16: Sociedad estamental. Fuente: Elaboración propia basado en el temario de Bachillerato.

- Tablas: útiles para comparar información (Ruiz, 2015).

Ciencias formales	Matemáticas, Lógica	
Ciencias empíricas	Naturales	Biología, Física, Química
	Sociales o humanas	Psicología, Historia

Figura 17: Clasificación de las ciencias basado en el temario de Bachillerato. Ver más ejemplos en anexo 1, figura 18

6. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

Como ya se ha explicado en la metodología, la parte experimental comenzó con una primera prueba, la cual fue seleccionada como una de las preguntas de los primeros exámenes de la asignatura de Filosofía, “¿qué es la verdad? Responde desde la teoría de la verdad que más te convezca. ¿Qué teoría consideras opuesta a la elegida?” En

ella los alumnos sacaron una nota que se encuentra en el anexo 1 figura 1, esta nota será comparada con la que saquen al haber realizado de nuevo la prueba pero estudiando con un método personalizado.

A continuación se les realizó el test de inteligencias, en el anexo 1 se encuentran el enlace a las respuestas de cada voluntario, obteniendo los siguientes datos:

Alumno	Inteligencia más desarrollada
alumno 01	Lógico-matemática
alumno 02	Lógico-matemática, Interpersonal, Intrapersonal
alumno 03	Lógico-matemática, Interpersonal, Corporal, Lingüística, Visual-espacial
alumno 04	Lingüística, Visual-espacial
alumno 05	Visual-espacial, Interpersonal, Intrapersonal
alumno 06	Corporal, Lingüística
alumno 07	Interpersonal
alumno 08	Corporal, Visual-espacial
alumno 09	Lógico-matemática
alumno 10	Lógico-matemática, Visual-espacial- Interpersonal
alumno 11	Lingüística, Lógico-matemática, Interpersonal, Intrapersonal
alumno 12	Interpersonal
alumno 13	Lógico-matemática, Visual-espacial- Interpersonal
alumno 14	Visual-espacial, Interpersonal
alumno 15	Lingüística, Interpersonal
alumno 16	Interpersonal
alumno 17	Lógico-matemática, Visual-espacial- Interpersonal
alumno 18	Corporal
alumno 19	Interpersonal
alumno 20	Lingüística, Visual-espacial, Interpersonal, Intrapersonal
alumno 21	Interpersonal

Figura 19: Resultado del test de inteligencias. Fuente: elaboración propia.

Como resultado general del test se obtuvo que de los 21 voluntarios, cuatro de ellos tenían la inteligencia corporal, quince la interpersonal, ocho la lingüística, nueve la visual-espacial y cuatro la intrapersonal. Pero la mayoría de los alumnos no tuvieron sólo una inteligencia desarrollada por encima del resto; en la figura 20, anexo 1, se representan las combinaciones de inteligencias que hubo, señalando el número de alumnos que tuvieron cada una.

Tras ello, se les envió un correo⁹ con el método de estudio correspondiente a su inteligencia. En el caso de la lingüística (hacer resúmenes), la matemática (hacer esquemas) y la visual-espacial (hacer mapas mentales), se les adjuntó un documento con la explicación de cómo realizarlos basada en la explicación del apartado 3.3. Mientras que para la inteligencia corporal, se les dijo que debían estar en movimiento cuando estudien, para la interpersonal que lo estudiaran con un compañero y para la intrapersonal, que se lo contasen a sí mismos. Además, también se les mandó una serie de recomendaciones en relación con la memoria que les benefician a la hora de estudiar.

Alumno	Nota final
1. alumno 01	2,25
2. alumno 02	2,4
3. alumno 03	2
4. alumno 04	2,15
5. alumno 05	2
6. alumno 06	2,4
7. alumno 07	2,4
8. alumno 08	2,4
9. alumno 09	2
10. alumno 10	2,4
11. alumno 11	2,15
12. alumno 12	2,5
13. alumno 13	2
14. alumno 14	2,4
15. alumno 15	2,25
16. alumno 16	2,25
17. alumno 17	2
18. alumno 18	2
19. alumno 19	2,5
20. alumno 20	2,25
21. alumno 21	2,4

La prueba se realizó de nuevo una semana después de haber enviado los correos a los alumnos, obteniendo los siguientes resultados:

Nota media final
2,243

Figura 22: Notas de la segunda prueba

Si comparamos con un gráfico los resultados que los alumnos han obtenido en ambas pruebas vemos lo siguiente:

Un 76,2% de los alumnos, es decir dieciséis alumnos de los veintidós voluntarios han mejorado su calificación al haber usado un método de estudio personalizado, por ello la diferencia entre las notas aparece en positivo. La diferencia más notable está en el alumno 01, con una mejora de un punto y medio.

Alumno	Nota inicial	Nota final	Diferencia notas	% Diferencia
1. alumno 01	0,75	2,25	1,5	200 %
2. alumno 02	2,25	2,4	0,15	6,67 %
3. alumno 04	1,65	2,15	0,5	30,3 %
4. alumno 06	2,15	2,4	0,25	11,63 %
5. alumno 07	1,75	2,4	0,65	37,14 %
6. alumno 08	2,25	2,4	0,15	6,67 %
7. alumno 09	1,75	2	0,25	14,29 %
8. alumno 10	2	2,4	0,4	20 %
9. alumno 11	2	2,15	0,15	7,5 %
10. alumno 14	2,25	2,4	0,15	6,67 %
11. alumno 16	2	2,25	0,25	12,5 %
12. alumno 17	1,5	2	0,5	33,33 %
13. alumno 18	1,75	2	0,25	14,29 %
14. alumno 19	2,25	2,5	0,25	11,11 %
15. alumno 20	2	2,25	0,25	12,5 %
16. alumno 21	1,75	2,4	0,65	37,14 %

Figura 23: Tabla de alumnos que han mejorado su nota. Fuente: elaboración propia.

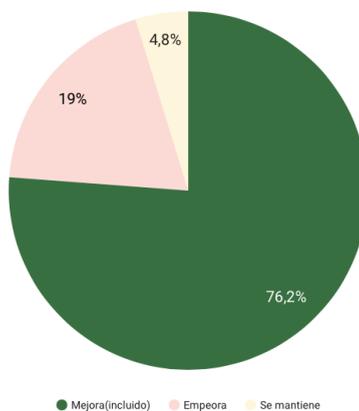


Figura 24: Gráfico del porcentaje de alumnos que han mejorado su nota. Fuente: elaboración propia.

En los siguientes gráficos observamos que cuatro de los alumnos han empeorado su nota, es decir un 19% de veintidós voluntarios ha sacado peor calificación.

9 Ejemplo de correo en la figura 21 anexo 1

Alumno	Nota inicial	Nota final	Diferencia notas	% Diferencia
1. alumno 03	2,25	2	-0,25	-11,11 %
2. alumno 05	2,5	2	-0,5	-20 %
3. alumno 13	2,25	2	-0,25	-11,11 %
4. alumno 15	2,5	2,25	-0,25	-10 %

Figura 25: Tabla de alumnos que han empeorado su nota. Fuente: elaboración propia.

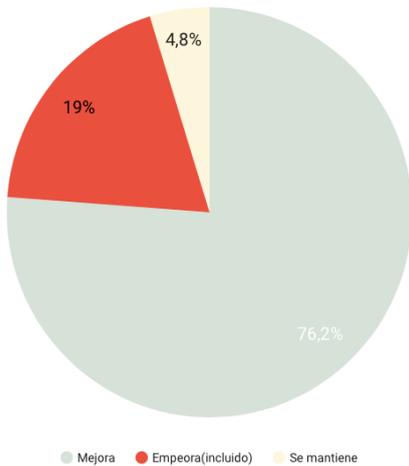


Figura 26: Gráfico de alumnos que han empeorado su nota. Fuente: elaboración propia.

Por último, hubo un único alumno que mantuvo su nota, habiendo obtenido en ambas pruebas el máximo resultado de 2,5 puntos.

Alumno	Nota inicial	Nota final	Diferencia notas	% Diferencia
1. alumno 12	2,5	2,5	0	0 %

Figura 27: Tabla de alumnos que han mantenido su nota. Fuente: elaboración propia.

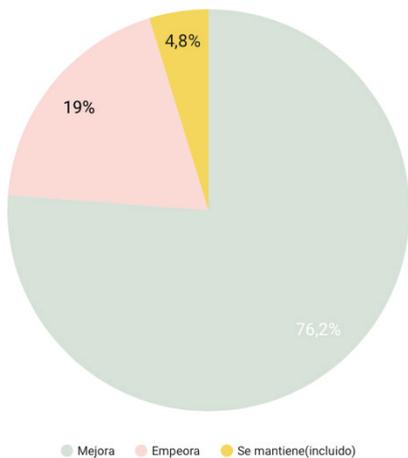


Figura 28: Gráfico de los alumnos que han mantenido su nota. Fuente: elaboración propia.

Los datos completos del experimento entonces son los siguientes:

Alumno	Nota inicial	Nota final	Diferencia notas	% Diferencia
1. alumno 01	0,75	2,25	1,5	200 %
2. alumno 02	2,25	2,4	0,15	6,67 %
3. alumno 03	2,25	2	-0,25	-11,11 %
4. alumno 04	1,65	2,15	0,5	30,3 %
5. alumno 05	2,5	2	-0,5	-20 %
6. alumno 06	2,15	2,4	0,25	11,63 %
7. alumno 07	1,75	2,4	0,65	37,14 %
8. alumno 08	2,25	2,4	0,15	6,67 %
9. alumno 09	1,75	2	0,25	14,29 %
10. alumno 10	2	2,4	0,4	20 %
11. alumno 11	2	2,15	0,15	7,5 %
12. alumno 12	2,5	2,5	0	0 %
13. alumno 13	2,25	2	-0,25	-11,11 %
14. alumno 14	2,25	2,4	0,15	6,67 %
15. alumno 15	2,5	2,25	-0,25	-10 %
16. alumno 16	2	2,25	0,25	12,5 %
17. alumno 17	1,5	2	0,5	33,33 %
18. alumno 18	1,75	2	0,25	14,29 %
19. alumno 19	2,25	2,5	0,25	11,11 %
20. alumno 20	2	2,25	0,25	12,5 %
21. alumno 21	1,75	2,4	0,65	37,14 %

Figura 29: Datos del experimento. Fuente: elaboración propia.

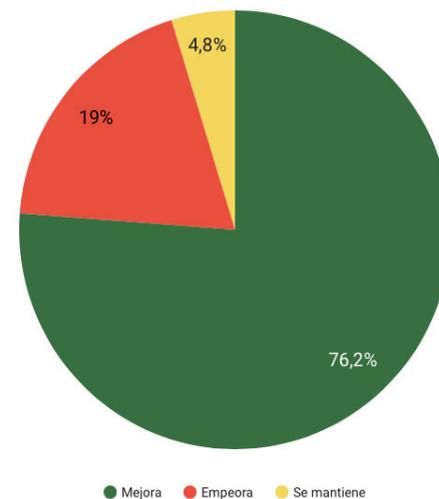


Figura 30: Gráfico de los datos del experimento. Fuente: elaboración propia.

En esta última se observa de nuevo la diferencia entre la nota inicial y final de cada alumno, junto con la media inicial de 2,002 y la media final de 2,243.

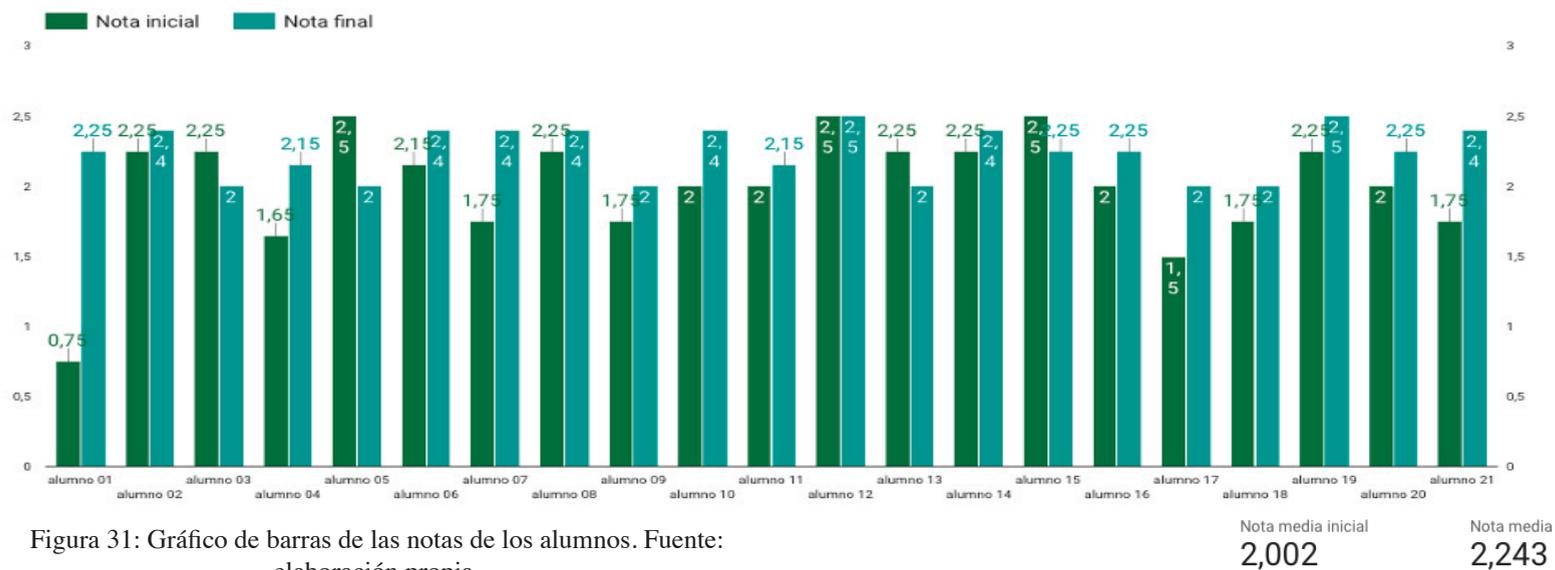


Figura 31: Gráfico de barras de las notas de los alumnos. Fuente: elaboración propia.

En esta última tabla que recoge todos los datos anteriormente explicados, observamos que no hay una relación directa entre el tipo de inteligencia o combinación de inteligencias y la subida de nota.

Alumno	Inteligencia más desarrollada	Nota inicial	Nota final	Diferencia notas	% Diferencia
1. alumno 01	Lógico-matemática	0,75	2,25	1,5	200 %
2. alumno 02	Lógico-matemática, Interpersonal, Intrapersonal	2,25	2,4	0,15	6,67 %
3. alumno 03	Lógico-matemática, Interpersonal, Corporal, Lingüística, Visual-espacial	2,25	2	-0,25	-11,11 %
4. alumno 04	Lingüística, Visual-espacial	1,65	2,15	0,5	30,3 %
5. alumno 05	Visual-espacial, Interpersonal, Intrapersonal	2,5	2	-0,5	-20 %
6. alumno 06	Corporal, Lingüística	2,15	2,4	0,25	11,63 %
7. alumno 07	Interpersonal	1,75	2,4	0,65	37,14 %
8. alumno 08	Corporal, Visual-espacial	2,25	2,4	0,15	6,67 %
9. alumno 09	Lógico-matemática	1,75	2	0,25	14,29 %
10. alumno 10	Lógico-matemática, Visual-espacial- Interpersonal	2	2,4	0,4	20 %
11. alumno 11	Lingüística, Lógico-matemática, Interpersonal, Intrapersonal	2	2,15	0,15	7,5 %
12. alumno 12	Interpersonal	2,5	2,5	0	0 %
13. alumno 13	Lógico-matemática, Visual-espacial- Interpersonal	2,25	2	-0,25	-11,11 %
14. alumno 14	Visual-espacial, Interpersonal	2,25	2,4	0,15	6,67 %
15. alumno 15	Lingüística, Interpersonal	2,5	2,25	-0,25	-10 %
16. alumno 16	Interpersonal	2	2,25	0,25	12,5 %
17. alumno 17	Lógico-matemática, Visual-espacial- Interpersonal	1,5	2	0,5	33,33 %
18. alumno 18	Corporal	1,75	2	0,25	14,29 %
19. alumno 19	Interpersonal	2,25	2,5	0,25	11,11 %
20. alumno 20	Lingüística, Visual-espacial, Interpersonal, Intrapersonal	2	2,25	0,25	12,5 %
21. alumno 21	Interpersonal	1,75	2,4	0,65	37,14 %

Figura 32: Datos del experimento

Por otra parte, respecto a los métodos de estudio, se les preguntó al total de alumnos que realizaron el test si piensan que es posible estudiar siempre de la misma manera, y como vemos en la figura 32, el 81,4% de ellos opinan que no es posible.

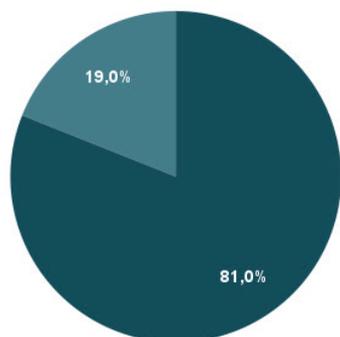


Figura 33: Respuesta a la posibilidad de estudiar siempre de la misma manera.

A su vez, a la pregunta “¿qué método usas para estudiar normalmente?” la mayoría respondió con una combinación de métodos, apoyando que no siempre es posible estudiar de la misma manera.

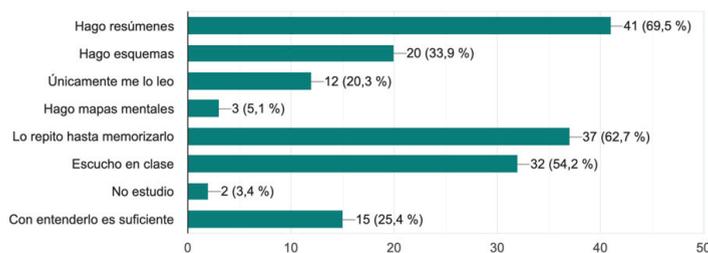


Figura 34: Porcentajes de los métodos de estudio usados por los alumnos.

Por último, se les preguntó a los alumnos si creían que era necesario hablar de los métodos de estudio en las aulas, obteniendo que la mayoría de ellos, un 87,9% consideran necesario que se haga, mientras que 6,9% opina que ya se hace y un 5,2% que no es necesario.

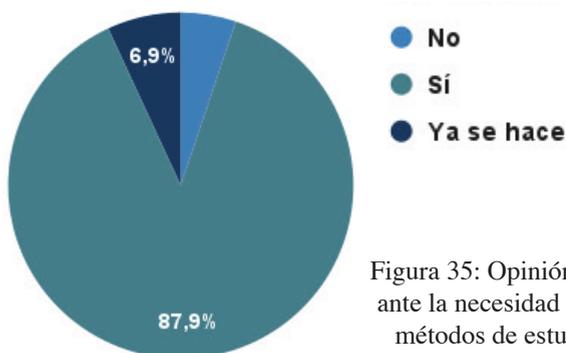


Figura 35: Opinión de los alumnos ante la necesidad de hablar de los métodos de estudio en el aula.

Para finalizar, se debe tener en cuenta los posibles márgenes de error dentro de la investigación. Al no haber estado con los voluntarios mientras estudiaban, no se puede asegurar con certeza que siguieran las indicaciones tanto sobre el método de estudio como los consejos de la memoria. Además de que la mejora de las notas se pudo ver influida porque se realizaron en momentos muy diferentes, una a principio de curso y otra al final.

En esta investigación también cabe destacar las dificultades que se han encontrado. La principal ha sido una falta de colaboración por parte de los alumnos, apuntándose para los experimentos, pero sin hacer el test de inteligencias o haciendo el test y luego no viniendo el día de la prueba. Por ello, a pesar de que se han realizado otros cuatro experimentos¹⁰, ninguno de esos datos es válido ya que solo una o dos personas realizaban la prueba. En las preguntas sobre los métodos de estudio se han usado las respuestas de las sesenta personas que en total respondieron al test de inteligencias, aunque no llegaron a hacer la prueba sobre una asignatura.

7. CONCLUSIONES

Tras haber llevado a cabo una investigación acerca de los métodos de estudio personalizados en relación con la memoria y la teoría de las inteligencias múltiples, además de una experimentación basada en la comparación de los resultados numéricos obtenidos en las pruebas, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

- La personalización de los métodos de estudio en relación a la memoria y las inteligencias múltiples aporta una mejora en la mayoría de los alumnos que han participado en el experimento, subiendo la media de la clase de 2,002 a 2,243, es decir un 12,04% de mejora.
- La mayoría de los estudiantes opinan que no se puede estudiar de la misma manera siempre y consideran necesario que se hable de los métodos de estudio en el aula.

¹⁰ Los experimentos fallidos fueron en una clase de Filosofía, una de Historia y dos de Lengua. En estos, los voluntarios que habían realizado el test, a quienes se les había enviado el correo con la información, no vinieron a la prueba. Se les dió más de una oportunidad y aún así no vinieron a la prueba.

8. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez finalizada esta investigación, cabe preguntarse por otras preguntas sobre el mismo tema. Las próximas líneas de investigación que se proponen son:

- Aplicación de la investigación a los demás (musical y naturalista) tipos de inteligencias propuestas en la teoría de las inteligencias múltiples.
- Realizar las mismas pruebas en distintas asignaturas y ampliar el rango de edad, adaptando los recursos para cada nivel.
- Búsqueda de métodos, recursos o explicaciones que permitan incluir las inteligencias en el aula.
- Investigar la memoria para el estudio en relación con la curva del olvido de Hermann Ebbinghaus.
- Ampliación del test de inteligencias a partir de más revisión bibliográfica.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Academia Cruz Conde. (s.f). ¿Cómo hacer un esquema perfecto? <https://academia-cordoba.es/blog/como-hacer-buen-esquema/> Última consulta: 28-08-23

Alonso, S., Lumbreras, P., Pérez, A. y López, A. (2022). Lengua castellana y literatura 1 Bachillerato, LOMLOE. Barcelona: Casals.

Álvarez Angulo, T. (2014). A vueltas con el resumen escolar. Esta vez en la pizarra, con tiza y borrador. *Letra* 15, 1(2). <http://www.letra15.es/L15-02/L15-02-03-A-vueltas-con-el-resumen-escolar.html>

Ander-Egg, E. (2007). Claves para introducirse en el estudio de las inteligencias múltiples. Rosario, Argentina: Homo Sapiens

Armstrong, T. (2017). Inteligencias múltiples en el aula: guía práctica para educadores. Barcelona: Paidós.

Ausubel, D. (2002). Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva. Barcelona: Paidós Ibérica.

Baddeley, A. (2016). Memoria de trabajo, pensamiento y acción: cómo trabaja la memoria. Madrid: Antonio Machado Libros.

Baddeley, A. (2020). Memoria. Madrid: Alianza Editorial.

Ballesteros, S. (1999). Memoria humana: investigación y teoría. *Psicothema*, 11(4), 705-723. <https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/7499/7363>

Blog Indoamericano. (2021). ¿Qué es un mapa mental, características y cómo hacerlo? <https://blog.indo.edu.mx/que-es-mapa-menta-caracteristicas-como-hacerlo> Última consulta: 17/05/2023

Clemente Roca, S., Domínguez Culebras, M. A., Olmos Castelló, A. y Ruiz García, A. B. (2022). Biología, Geología y Ciencias Ambientales: 1 Bachillerato. Madrid: Anaya.

Forés, A. (2015). Neuromitos en educación: el aprendizaje desde la neurociencia. Barcelona: Plataforma Editorial

García, J. y García, M. (2007). Enseñar y aprender a estudiar. Murcia: Servicio de Atención a la Diversidad

Gardner, H. (1983). *Frames of mind*. New York: Basic Books.

Gardner, H. (2010). La inteligencia reformulada: Las inteligencias múltiples en el siglo XXI. Barcelona: Paidós.

Gardner, H. (2012) Las “inteligencias múltiples” y la enseñanza para la comprensión. En Gardner, H. La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas. Barcelona: Paidós.

Gardner, H. (2019). Inteligencias múltiples: la teoría en la práctica. Barcelona: Paidós.

Goleman, D. (1996). Inteligencia emocional. Barcelona: Kairós.

Goleman, D. (2007). Inteligencia social. Barcelona: Círculo de lectores.

Jáuregui, M y Razumiejczyk, E. (2011). Memoria y aprendizaje: una revisión de los aportes cognitivos. *Revista Virtual de la Facultad de Psicología y Psicopedagogía de la Universidad del Salvador*, 26, 20-44. <https://racimo.usal.edu.ar/4501/1/174-712-1-PB.pdf> Última consulta: 04-08-23

Koruro (2023). Tipos de esquemas. <https://koruro.com/tipos-de-esquemas> Última consulta: 28/08/2023

Manzanero, A y Alvarez, M. (2015). La memoria humana: Aportaciones desde la neurociencia cognitiva. Madrid: Pirámide

Monereo, C. (2002). Estrategias de aprendizaje. Madrid: Visor.

Montes, Z. (2019). Cerebro, inteligencias y mapas mentales: desarrolle sus habilidades mentales a través de 27 inteligencias del cerebro. Barcelona: Marge Books.

Moreira, M.A, (2019). Aprendizaje significativo. *Textos de Apoio ao Professor de Física*, 30(3), 5-50. https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v30n3.pdf

Navarro, D. y Samón, M. (2017). Redefinición de los conceptos método de enseñanza y método de aprendizaje. *EduSol*, 17(60), 26-32. <https://www.redalyc.org/journal/4757/475753184013/475753184013.pdf>

Noroña, A., Pilco, J., Ramos, G., Salazar, D. y Llanga, E. (2019). Inteligencias múltiples y el aprendizaje. Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/08/inteligencias-multiples-aprendizaje.html>

Palomares, R. (2019). The concept of intelligence through History and its application in foreign language teaching: a historical overview about the multiple intelligence theory. Badajoz: Editorial Edita

Paz, S. (2022). Técnicas para mejorar la memoria. Móstoles, Madrid: LIBSA.

Pérsico, L. (2021). Inteligencia emocional. Madrid: LIBSA.

Puente, A. (2003). Cognición y aprendizaje, fundamentos psicológicos. Madrid: PIRÁMIDES.

Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23a ed.).

Ruiz, S. (2015). 5 Formas de hacer esquemas. <https://academia-marin.es/5-formas-de-hacer-esquemas/> Última consulta: 28-08-23

Touron, J. (1989). Métodos de estudio en la universidad. Pamplona: Universidad de Navarra.

UCM-REDACTEXT (PLATAFORMA DE ESCRITURA). (s.f.). Universidad Complutense de Madrid. <https://www.ucm.es/redactext> Última consulta 21/08/2023

Vázquez, E y Reding, G. (2020). Cómo elaborar un esquema-Esquemas. <https://www.studocu.com/es/document/uned/psicologia/como-elaborar-un-esquema/20164444> Última consulta: 28/08/23

Vélez, A. (2009). Discusión en torno a los métodos de estudio. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, 5(8), 67-78. <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/cuaderlam/article/view/1526/1132> Última consulta: 28/08/2023

Zola-Morgan, S. y Squire, L.R. (s.f.). Neuroanatomy of Memory. Memory Research Laboratory. http://whoville.ucsd.edu/PDFs/208_Zola-Morgan_Squire_AnnuRevNeurosci_1993.pdf Última consulta: 22/08/2023

10. ANEXOS

Alumno ^	Nota inicial	Nota media inicial
1. alumno 01	0,75	2,002
2. alumno 02	2,25	
3. alumno 03	2,25	
4. alumno 04	1,65	
5. alumno 05	2,5	
6. alumno 06	2,15	
7. alumno 07	1,75	
8. alumno 08	2,25	
9. alumno 09	1,75	
10. alumno 10	2	
11. alumno 11	2	
12. alumno 12	2,5	
13. alumno 13	2,25	
14. alumno 14	2,25	
15. alumno 15	2,5	
16. alumno 16	2	
17. alumno 17	1,5	
18. alumno 18	1,75	
19. alumno 19	2,25	
20. alumno 20	2	
21. alumno 21	1,75	

Figura 1: Nota de los alumnos en la primera prueba.

Nombre * _____

2.Me gusta participar en debates *
Marca solo un óvalo.
 Sí
 No

Correo electrónico (educamadrid) * _____

3. Controlo conscientemente mis ahorros y en qué los gasto *
Marca solo un óvalo.
 No
 Sí

Curso *

Marca solo un óvalo.

1°ESO
 2°ESO
 3°ESO
 4°ESO
 1°BACHILLERATO

4. Escribo un diario personal *
Marca solo un óvalo.
 Sí
 No

5. Se me da bien escuchar a los demás *
Marca solo un óvalo.
 Sí
 No

1.Disfruto haciendo deporte *
Marca solo un óvalo.
 Sí
 No

6. Me gusta escribir cartas *
Marca solo un óvalo.
 Sí
 No

7. Me gusta planificar mis vacaciones con detalle *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

8. Me agradan los temas científicos y me gusta hacer experimentos *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

9. Me interesa el arte *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

10. Suelo conseguir mis objetivos y ambiciones *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

11. Disfruto haciendo manualidades *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

12. Se me da bien explicar *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

13. Disfruto leyendo y/o escribiendo poesía *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

14. Se me da bien cocinar *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

15. Me oriento bien en las ciudades y en el campo *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

16. Me gusta leer libros y lo hago a menudo *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

17. Me organizo bien para que me dé tiempo a hacer todo lo que quiero *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

18. Me gusta participar en las conversaciones *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

19. Suelo completar bien los crucigramas *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

20. Me gusta decorar la casa *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

21. Destaco en matemáticas *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

22. Comprendo mis propios sentimientos *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

23. Me gusta socializar *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

24. Usualmente puedo predecir si soy capaz de hacer una cosa *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

25. Se me da bien conducir vehículos con o sin motor (bicicleta, moto, etc) *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

26. Puedo calcular correctamente tamaños y cantidades *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

27. Me gustan los hobbies manuales (hacer arcilla, pintar, montar y desmontar objetos...)

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

28. Me gusta bailar *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

29. Entiendo con facilidad los planos o los diagramas *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

30. El resto de personas piensa que se me da bien apoyar a los demás *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

31. Se me da bien expresarme de forma escrita *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

32. Se me da bien el cálculo mental *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

33. Soy consciente cuando mis reacciones son exageradas *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

34. Me expreso mediante el baile *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

35. Soy capaz de ver imágenes o figuras mentalmente de forma clara y entender su estructura *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

36. Comprendo los sentimientos de los demás *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

¿Qué método usas para estudiar normalmente? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Hago resúmenes
 Hago esquemas
 Únicamente me lo leo
 Hago mapas mentales
 Lo repito hasta memorizarlo
 Escucho en clase
 No estudio
 Con entenderlo es suficiente

¿Crees que se debería hablar de los métodos y formas de estudiar en alguna clase? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 Ya se hace

¿Crees que se puede estudiar de la misma forma siempre? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

¿Cuál es la asignatura que te resulta más fácil de estudiar? *

Test de inteligencias: Enlace a las respuestas de cada alumno al test de inteligencias (sólo se puede acceder con correo de educamadrid):
Respuestas de cada alumno al test de inteligencias. Trabajo Emma García

CORPORAL

- Disfruto haciendo deporte
- Se me da bien cocinar
- Se me da bien conducir vehículos con o sin motor (bicicleta, moto, etc)
- Me gustan los hobbies manuales (hacer arcilla, pintar, montar y desmontar objetos...)
- Me gusta bailar
- Me expreso mediante el baile
- Hablo haciendo muchos gestos

LINGÜÍSTICA

- Me gusta participar en debates
- Me gusta escribir cartas
- Disfruto leyendo y/o escribiendo poesía
- Me gusta leer libros y lo hago a menudo
- Suelo completar bien los crucigramas
- Se me da bien expresarme de forma escrita
- tengo buena ortografía

MATEMÁTICA

- Controlo conscientemente mis ahorros y en qué los gasto
- Me gusta planificar mis vacaciones con detalle
- Me agradan los temas científicos y me gusta hacer experimentos
- Destacó en matemáticas
- Entiendo con facilidad los planos o los diagramas
- Se me da bien el cálculo mental
- Me intereso por el funcionamiento de las cosas

VISUAL-ESPACIAL

- Me interesa el arte
- Disfruto haciendo manualidades
- Me oriento bien en las ciudades y en el campo
- Me gusta decorar la casa
- Puedo calcular correctamente tamaños y cantidades
- Soy capaz de ver imágenes o figuras mentalmente de forma clara y entender su estructura
- Dibujo bien

INTERPERSONAL

- Se me da bien escuchar a los demás
- Se me da bien explicar
- Me gusta participar en las conversaciones
- Me gusta socializar
- El resto de personas piensa que se me da bien apoyar a los demás
- Comprendo los sentimientos de los demás
- Tengo dos o más amigos íntimos

INTRAPERSONAL

- Escribo un diario personal
- Suelo conseguir mis objetivos y ambiciones
- Me organizo bien para que me dé tiempo a hacer todo lo que quiero
- Comprendo mis propios sentimientos
- Usualmente puedo predecir si soy capaz de hacer una cosa
- Soy consciente cuando mis reacciones son exageradas
- Soy independiente

Figura 3: Correspondencia entre cuestión e inteligencia

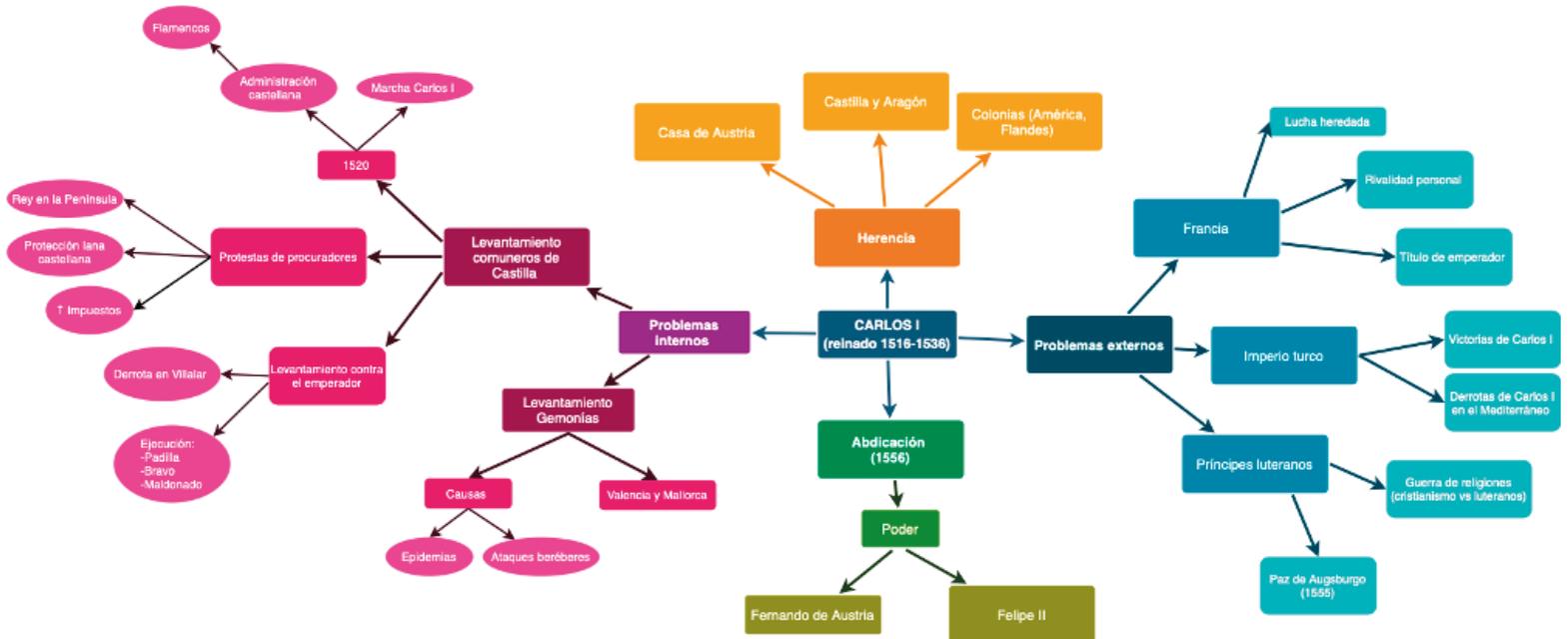


Figura 4: Reinado de Carlos I. Fuente: elaboración propia basado en el temario de Bachillerato.

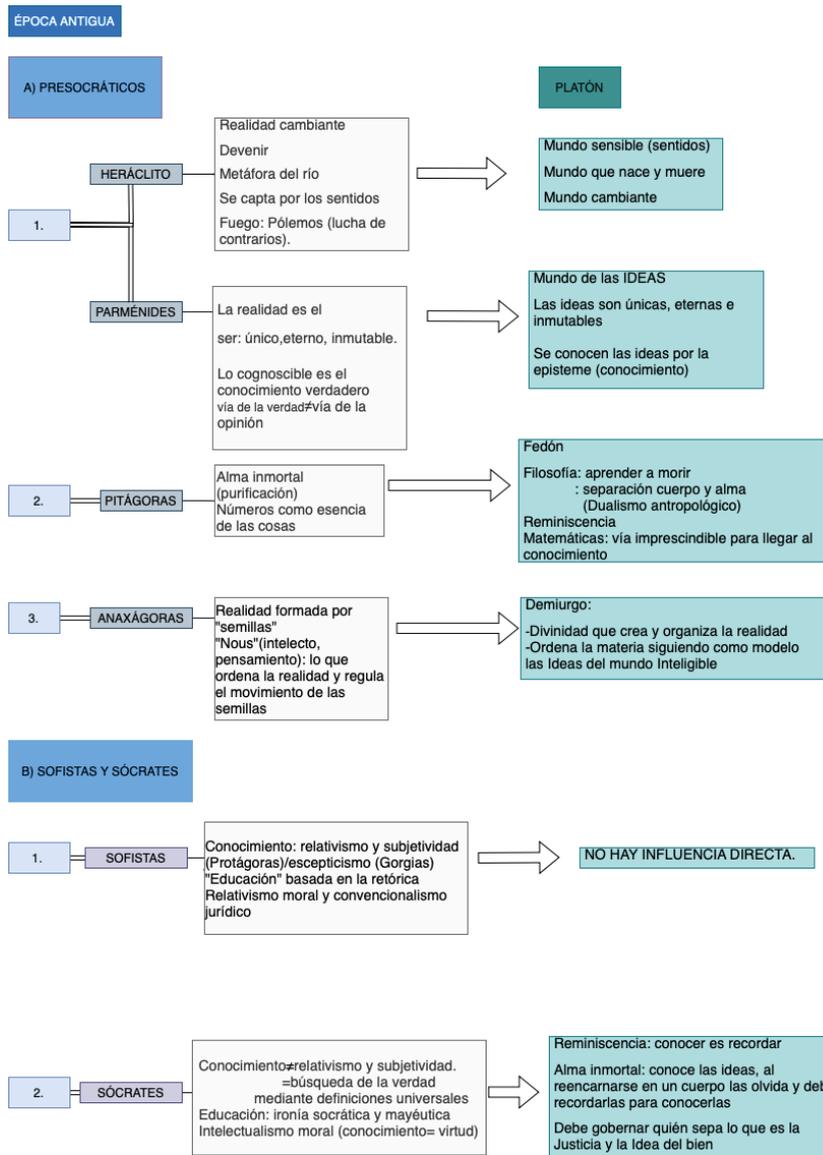


Figura 5: Influencias de Platón. Fuente: Elaboración propia basado en el temario de Bachillerato.



Figura 7: Movimientos literarios. Fuente: Elaboración propia basado en el temario de Bachillerato.

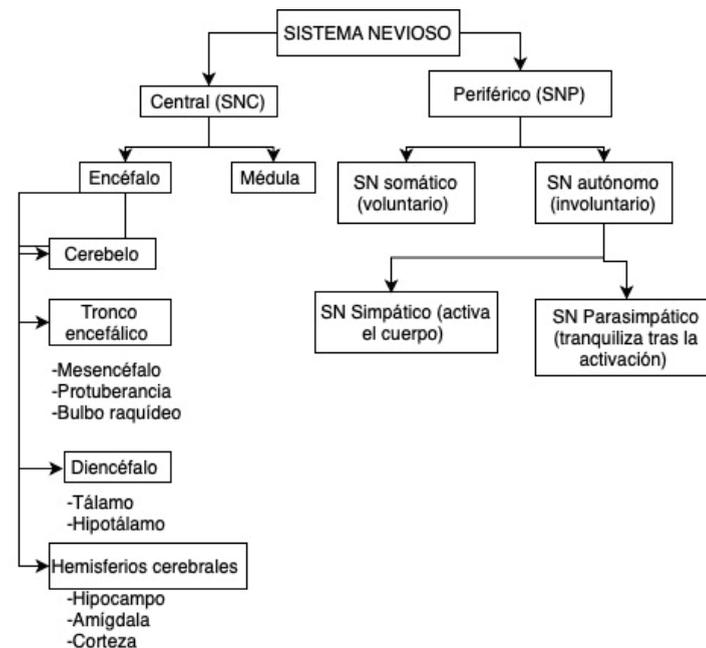


Figura 6: El sistema nervioso. Fuente: Elaboración propia basado en el temario de Bachillerato.

Procariotas	Eucariotas
-Sin núcleo verdadero. -Sin envoltura nuclear. -Sin nucleolo -ADN bicentenario, circular, plegado sin histonas. -Sin orgánulos membranosos. -Membrana plasmática sin esteroides.	-Con núcleo verdadero. -Con envoltura nuclear. -Con nucleolo. -ADN bicentenario, lineal, plegado con histonas. -Con orgánulos membranosos -Con esteroides en su membrana.

Figura 8: Diferencias entre células procariotas y eucariotas. Fuente: elaboración propia basado en el temario de Bachillerato
Ver más ejemplos en anexo 1, figura 18

Inteligencia más desarrollada ^	Nº alumnos	% alumnos
Corporal	1	4,76 %
Corporal, Lingüística	1	4,76 %
Corporal, Visual-espacial	1	4,76 %
Interpersonal	5	23,81 %
Lingüística, Interpersonal	1	4,76 %
Lingüística, Lógico-matemática, Interpersonal, Intrapersonal	1	4,76 %
Lingüística, Visual-espacial	1	4,76 %
Lingüística, Visual-espacial, Interpersonal, Intrapersonal	1	4,76 %
Lógico-matemática	2	9,52 %
Lógico-matemática, Interpersonal, Corporal, Lingüística, Visual-espacial	1	4,76 %
Lógico-matemática, Interpersonal, Intrapersonal	1	4,76 %
Lógico-matemática, Visual-espacial- Interpersonal	3	14,29 %
Visual-espacial, Interpersonal	1	4,76 %
Visual-espacial, Interpersonal, Intrapersonal	1	4,76 %

Alumnos inteligencia corporal	4
Alumnos inteligencia interpersonal	15
Alumnos inteligencia lógico-matemática	8
Alumnos inteligencia lingüística	6
Alumnos inteligencia visual-espacial	9
Alumnos inteligencia intrapersonal	4

Figura 9: Combinaciones y datos generales de inteligencias obtenidos en el test.

 FORMA DE HACER UN ESQUEMA .pdf (~163 KB) ▾

Hola,

He sacado las respuestas de tu test de inteligencias múltiples y da que las que tienes más desarrolladas la lógico-matemática y la interpersonal (capacidad de entender los sentimientos de los demás). Para estudiar es necesario que, para la matemática, estudies haciendo algún tipo de esquema. Te adjunto un documento sobre la explicación de cómo hacerlos y los distintos tipos. Por otra parte, para la interpersonal, que se lo cuentes a otra persona al estudiarlo, es decir que estudies explicándole el tema a un compañero, un hermano, lo que prefieras.

En relación a la memoria te voy a pedir que por favor cuando estés estudiando interés no tener nada que te distraiga e intentes entender los conceptos en general, si hay una palabra que no entiendas que busques un sinónimo o su definición porque esto afecta a la primera etapa de la memoria a largo plazo. Y también que si estás estudiando otras cosas, intentes dejar un poco de tiempo entre asignaturas, principalmente si se parecen como puede ser lengua e historia porque también afecta a la memoria. Por último, intenta que cuando estés realizando el examen estar lo más concentrado posibles y tranquilo, dado que el estrés y la falta de concentración también afecta negativamente.

Figura 10: Correo enviado a un alumno.

LA MIGRACIÓN DURANTE LA ADOLESCENCIA: ¿UNA POSIBLE CAUSA DE LA DEPRESIÓN?

**Influencia del factor migratorio en la salud mental
de adolescentes de origen hispanoamericano**

Brenda Briseth Gonzales Olaya

Tutora: Andrea Carolina Mosquera Varas

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera expresar mi agradecimiento al I.E.S. Guadarrama por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto.

También quisiera dar las gracias a María Jesús Simón por su ayuda y preocupación constante durante la realización de este trabajo.

Gracias a mi familia por su apoyo incondicional día a día.

A mis amigos y compañeros de clase, por haber sido partícipes de esta gran experiencia en la que nos hemos apoyado mutuamente y que, sin duda, hemos disfrutado.

A todos los participantes que han colaborado en la elaboración de este proyecto.

Por último, quisiera agradecer de una manera muy especial a Andrea Mosquera por confiar en mí desde el primer momento y aceptar ser mi tutora. A pesar de todas las dificultades que se presentaron, estuvo dispuesta a continuar con nuestros trabajos. Cada una de sus palabras me motivaron a seguir investigando sobre un tema que considero muy importante para nuestra sociedad. Sin ella, no habría podido llevar a cabo la elaboración de este proyecto.

ÍNDICE

1. RESUMEN	172
2. ABSTRACT	172
3. RESUMÉ	172
4. RESUMO	173
5. INTRODUCCIÓN	173
5.1. Justificación	173
5.2. Hipótesis	173
5.3. Objetivos	173
6. METODOLOGÍA	174
7. MARCO TEÓRICO	174
7.1. Depresión	174
a) ¿Qué es?	174
b) Síntomas y diagnóstico	175
c) Tipos de depresión	175
d) Tratamientos	175
e) Principales tests de depresión	176
7.2. Migración	177
a) ¿Qué es?	177
b) Causas	177
c) Consecuencias en la salud mental	178
d) Reacciones ante la migración: racismo y xenofobia	178
e) Migración de latinoamericanos a España	179
7.3. Adolescencia	179
a) ¿Qué es?	179
b) Desarrollo de la identidad en la adolescencia	179
c) Crisis de la identidad en la adolescencia	180
d) Depresión en la adolescencia	181
e) Los adolescentes y la migración a España	181
8. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS	182
8.1. Recogida y análisis de datos del primer cuestionario	182
8.2. Recogida y análisis del segundo cuestionario	184
9. CONCLUSIONES	186
10. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	187
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	187
12. ANEXOS	189

1. RESUMEN

La adolescencia es un punto de inflexión en la historia individual de cada persona, una etapa en la que cada individuo atraviesa sus propios conflictos y cambios, ya sean biológicos, sociales o psicológicos. Estos cambios son muy significativos teniendo en cuenta que un adolescente está en un proceso de desarrollo en el que percibe cada experiencia vivida como una vivencia nueva, importante y, muchas veces, traumática. Por ello, una alteración en su modo de vida habitual como puede ser la migración, puede acarrear trastornos como la depresión. Tener que dejar sus hábitos, costumbres, expresiones, familiares, conocidos, entre muchas otras cosas, puede generar, sin duda alguna, un desequilibrio en la vida del adolescente; así como un estado de tristeza extrema ocasionado por la añoranza y el anhelo de volver, un estado del cual muchos no logran salir.

Con este trabajo, se pretende estudiar el impacto que puede llegar a tener la migración en la salud mental de los adolescentes, específicamente en la de los hispanoamericanos.

En esta ocasión, nos centraremos en la depresión como consecuencia de la migración. El objetivo del estudio será comparar los índices de depresión de jóvenes españoles con los de los hispanoamericanos, y demostrar que los adolescentes procedentes de América Latina son más propensos a sufrir un trastorno depresivo.

Palabras clave : adolescencia, migración, depresión, Hispanoamérica.

2. ABSTRACT

Adolescence is a turning point in the livelihood of each person, a stage in which every individual goes through their own conflicts and changes, whether biological, social or psychological. These changes are very significant considering that an adolescent is in a development process in which he perceives each experience as new, important and, often, traumatic. Therefore, an alteration in their lifestyle, such as migration, can lead to disorders such as depression. Having to leave your habits, customs, slang, family members, acquaintances, among many other things, can undoubtedly generate an imbalance in the adolescent's life. It can also create a state of extreme sadness caused by homesickness and the desire to return, a state from which many cannot escape.

This work aims to study the impact that migration can have on the mental health of adolescents, specifically that of Hispanic Americans.

On this occasion, we will focus on depression as a consequence of migration. The objective of the study will be to compare the depression rates of Spanish with Hispanic American youth, and to demonstrate that adolescents from Latin America are more likely to suffer from a depressive disorder.

Keywords : adolescence, migration, depression, Latin America.

3. RESUMÉ

L'adolescence est un tournant dans l'histoire individuelle de chaque personne, une étape au cours de laquelle chacun traverse ses propres conflits et changements, qu'ils soient biologiques, sociaux ou psychologiques. Ces changements sont très significatifs étant donné qu'un adolescent se trouve dans un processus de développement dans lequel il perçoit chaque expérience comme une expérience nouvelle, importante et souvent traumatisante. Ainsi, une altération de leur mode de vie habituel, comme la migration, peut conduire à des troubles comme la dépression. Devoir quitter ses habitudes, coutumes, expressions, membres de sa famille, connaissances, entre autres, peut sans aucun doute générer un déséquilibre dans la vie de l'adolescent. Mais aussi un état de tristesse extrême causé par le mal du pays et le désir de revenir, un état dont beaucoup ne peuvent pas y échapper.

Ce travail vise à étudier l'impact que la migration peut avoir sur la santé mentale des adolescents, notamment celle des latino-américains.

A cette occasion, nous nous concentrerons sur la dépression comme conséquence de la migration et l'objectif de l'étude sera de comparer les taux de dépression des jeunes espagnols et latino-américains, et de démontrer que les adolescents d'Amérique latine sont plus susceptibles de souffrir d'un trouble dépressif.

Mots-clés: l'adolescence, la migration, la dépression, l'Amérique Latine.

4. RESUMO

A adolescência é um ponto de viragem na história individual de cada pessoa, uma fase em que cada pessoa passa pelos seus próprios conflitos e mudanças, sejam estas biológicas, sociais ou psicológicas. Essas mudanças são muito significativas, uma vez que, cada adolescente está num processo de desenvolvimento no qual percebe que, cada experiência é uma experiência nova, importante e, muitas vezes, traumática. Portanto, uma alteração no seu modo de vida habitual, como a migração, pode levar a distúrbios como a depressão. Ter de abandonar os seus hábitos, costumes, expressões, familiares, conhecidos, entre tantas outras coisas, pode sem dúvida gerar um desequilíbrio na vida de um adolescente e um estado de extrema tristeza causado pela saudade e pela vontade de voltar, ao qual muitos não conseguem escapar.

Este trabalho tem como objetivo estudar o impacto que a migração pode ter na saúde mental dos adolescentes, especificamente dos hispano-americanos.

Nesta ocasião, vamos nos centrar na depressão como consequência da migração. O objetivo deste estudo será comparar as taxas de depressão dos jovens espanhóis e hispano-americanos e demonstrar que os adolescentes da América Latina têm maior probabilidade de sofrer de um transtorno depressivo.

Palavras-chave: adolescência, migração, depressão, América Hispânica.

5. INTRODUCCIÓN

5.1. Justificación

La elección del tema de este trabajo de investigación se realizó debido a que he vivido en primera persona las consecuencias de dejar el propio país y todo aquello que conocía para tener que ir a buscar una mejor vida. Así mismo, actualmente encuentro en mi entorno un gran número de adolescentes que acaban de migrar a España y que no se encuentran bien consigo mismos, hasta tal punto de haber renunciado a todo aquello que les hace felices y de no ser capaces de luchar por sus objetivos; personas que muy probablemente tendrían un futuro prometedor si no se centrasen tanto en el sufrimiento provocado por la migración.

Por ende, el foco de este trabajo de investigación son los adolescentes con nacionalidades hispanoamericanas, porque comparten idioma con la española y, al contrario de lo que se suele creer, ello no supone una eliminación de los obstáculos a la hora de adaptarse al país.

5.2. Hipótesis

La migración de adolescentes hispanoamericanos aumenta la probabilidad de que sufran depresión.

5.3. Objetivos

Como persona hispanoamericana que ha experimentado personalmente el proceso de la migración y adaptación en España, me propongo poner de manifiesto las consecuencias en la salud mental que ésta puede acarrear durante la etapa de la adolescencia, específicamente, en la de América Latina. Para ello he marcado unos objetivos generales y otros más específicos que me ayudarán a conseguir mi propósito. Son los siguientes:

Generales

- Demostrar que los adolescentes hispanoamericanos que acaban de migrar son más propensos a sufrir depresión o un sentimiento de tristeza prolongada.
- Acabar con la idea de que es fácil adaptarse a un país sólo porque comparte el mismo idioma con el país de origen y dar por hecho que absolutamente todos los jóvenes son capaces de adaptarse a un nuevo ambiente.
- Demostrar que los adolescentes, al estar en un proceso de desarrollo y búsqueda de consolidación de su personalidad, se pueden ver afectados por comentarios xenófobos o racistas y, en ciertas ocasiones, excluidos.
- Alentar la puesta en práctica de charlas de orientación en los institutos para evitar actitudes discriminatorias hacia este grupo de personas, así como charlas de concientización para empatizar con los compañeros migrantes y entender la situación difícil por la que atraviesan.

Específicos

- Conocer los distintos tipos de depresión así como los diversos tests para detectarlos, eligiendo el más idóneo para comparar el índice de depresión de los adolescentes hispanoamericanos con el de los españoles.

- Dejar constancia de las circunstancias y dificultades que ha implicado la migración y el proceso de adaptación a los adolescentes hispanoamericanos.
- Entender las características de la adolescencia y la etapa de desarrollo de la identidad de los adolescentes.
- Comprender la etapa de crisis por la que atraviesan los adolescentes y su capacidad de resiliencia.
- Estudiar la migración, las reacciones ante ella en el país de acogida y cómo puede afectar a la salud mental.

6. METODOLOGÍA

La metodología que se ha utilizado para esta investigación es la siguiente:

Con el fin de aportar un marco teórico que sirva de introducción para la investigación, se realizó un estudio exhaustivo de tres conceptos esenciales para nuestra investigación: depresión, migración y adolescencia.

Para empezar, se llevó a cabo una revisión de fuentes bibliográficas para poder conocer qué es la depresión y cómo detectarla.

Posteriormente, se realizó una investigación acerca de la migración, sus causas, consecuencias en la salud mental, etc., así como la búsqueda de información sobre la adolescencia y todo lo que implica atravesar esta etapa. Dentro de este último apartado, se ha recopilado información sobre cómo en los últimos años se han puesto en relación la migración, adolescencia y depresión.

A continuación, se elaboró un cuestionario basado en un test oficial de depresión: *The Beck Depression Inventory*. El cuestionario fue dirigido tanto a adolescentes hispanoamericanos que estén residiendo actualmente en España como a adolescentes españoles para poder compararlos y mostrar las diferencias teniendo en cuenta el factor migratorio. El rango de edad de las personas a las que se les envió este cuestionario oscila entre los 13 y los 18 años. Este intervalo fue elegido ya que según la información que obtuvimos sobre la adolescencia, ésta se puede acotar dentro de este rango de edad. Es por ello que se consideró apropiado realizar este cuestionario a alumnos de toda la Educación Se-

cundaria Obligatoria y Bachillerato del I.E.S. Guadarrama y otros institutos de la Sierra de Guadarrama. El análisis de datos de estos cuestionarios consistió en la elaboración de porcentajes para hallar en qué grupo hay un mayor índice de depresión y, de esta forma, afirmar o negar la hipótesis.

Seguidamente, se elaboró un cuestionario que fue presentado aproximadamente a 50 personas hispanoamericanas comprendidas entre el mismo rango de edad que en el caso anterior. Este cuestionario tuvo como propósito profundizar en el estado emocional, preguntándoles por su situación actual y cómo les ha afectado la migración en su vida diaria.

Por último, el análisis sobre las respuestas obtenidas en este último cuestionario no ha pretendido ser un estudio cuantitativo, sino que ha hecho posible una reflexión cualitativa en la que se pretende encontrar los factores que han podido influir en que haya una mayor tendencia a experimentar cuadros depresivos en los adolescentes hispanoamericanos que migran, en el caso de que sea así.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Depresión

a) ¿Qué es?

La depresión es definida por la Real Academia Española como “síndrome caracterizado por una tristeza profunda y por la inhibición de las funciones psíquicas, a veces con trastornos neurovegetativos”. (s.f., definición 4). Sin embargo, no hay mejor definición que la otorgada por la Asociación Americana de Psiquiatría (APA) en el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales¹, en el cual se define la depresión como una enfermedad que afecta al estado de ánimo, pensamiento y comportamiento, causando sentimientos prolongados de tristeza y/o pérdida de interés en actividades que anteriormente eran disfrutadas (American Psychiatric Association, 2014).

La depresión no solo puede llegar a causar gran variedad de problemas emocionales, sino que también traspasa la barrera de lo psicológico para afectar físicamente a la persona

¹ El Manual diagnóstico y estadístico, mejor conocido por sus siglas en inglés (DSM), es una guía para los trastornos mentales que describe los síntomas de estos desórdenes. Ofrece estadísticas de género, edad y efectos de los distintos trastornos, así como criterios y códigos de diagnóstico, facilitando de esta manera la evaluación de las necesidades de los pacientes. Por consiguiente, es la fuente más fiable para estudiar este tipo de enfermedades (Aparicio, 2022).

que la padece. Es una enfermedad crónica que, por lo general, requiere un tratamiento a largo plazo (APA, 2016).

b) Síntomas y diagnóstico

Los síntomas de la depresión pueden variar de más leves a más graves y pueden incluir (APA, 2022):

- Estado de ánimo depresivo o de tristeza la mayor parte del día.
- Pérdida de interés en actividades que antes disfrutaba.
- Cambios en el apetito.
- Problemas para dormir.
- Sentimientos de inutilidad o culpa excesiva.
- Baja autoestima.
- Pensamientos de muerte o suicidio.

Estos síntomas deben durar al menos dos semanas y deben representar un cambio en el individuo con respecto a su nivel anterior de funcionamiento para un diagnóstico de depresión (APA, 2022).

El diagnóstico de este trastorno sólo puede hacerse por un profesional de la salud (APA, 2014).

c) Tipos de depresión

La palabra depresión se utiliza para referirse a cualquiera de los trastornos depresivos² que vamos a mencionar a continuación (APA, 2016):

- Trastorno de desregulación disruptiva del estado de ánimo: consiste en arrebatos de cólera graves y recurrentes que se manifiestan verbalmente y/o con el comportamiento, cuya intensidad o duración son desproporcionadas a la situación.
- Trastorno depresivo mayor: se caracteriza por un estado de ánimo depresivo y por la incapacidad de sentir felicidad o cualquier otro tipo de placer. Destacan también los sentimientos de inutilidad y de desprecio por uno mismo, sentimientos que originan en el individuo el deseo de poner fin a su vida.
- Trastorno depresivo persistente (distimia): presenta los síntomas generales de la depresión; sin embargo, la duración de estos es de un periodo de dos años.
- Trastorno disfórico premenstrual: los síntomas que des-

tacan son los cambios de humor repentinos, irritabilidad intensa, antojos específicos de comida, hinchazón de senos y sensación de aumento de peso. Estos síntomas deben empezar al menos unos 10 días antes del inicio de la menstruación y desaparecer por completo en la semana después de la menstruación.

- Trastorno depresivo inducido por sustancias o medicamentos: presenta los síntomas generales de la depresión con la diferencia de que estos se manifiestan durante o poco después de la ingesta o abstinencia de una sustancia depresora o estimulante del sistema nervioso (alcohol, Anfetamina, cocaína, opiáceo, etc.), o después de la exposición del paciente a un medicamento.
- Trastorno depresivo debido a otra condición médica: para identificarlo, deben hacerse pruebas clínicas y análisis de laboratorio que corroboren que este trastorno es la consecuencia directa de otra afección médica.
- Otro trastorno depresivo especificado
- Trastorno depresivo no especificado
- Depresión bipolar: propia de personas con trastorno bipolar.

d) Tratamientos

Afortunadamente, la depresión es uno de los trastornos mentales más tratables. Entre el 80% y 90% de las personas que padecen esta condición médica responden bien al tratamiento (APA, 2022).

Antes de un diagnóstico o tratamiento, un profesional de la salud debe realizar una evaluación exhaustiva, incluida una entrevista y un examen físico. La evaluación identificará síntomas específicos y profundizará en las historias médicas y familiares, así como los factores culturales con el objetivo de alcanzar un diagnóstico y planificar un curso de acción (APA, 2022).

- Medicación: la química de nuestro cerebro puede contribuir en el tratamiento. Por esta razón, se podrían recetar antidepresivos, que pueden producir mejoras en el individuo dentro de la primera o segunda semana de tratamiento. Hoy en día, la psiquiatría clínica dispone de más de 30 tipos de antidepresivos y se ha compro-

² La Organización Mundial de la Salud creó en 1893 una Clasificación Internacional de Enfermedades o CIE, la cual tiene como finalidad clasificar y codificar todas las enfermedades, así como una gran variedad de signos, síntomas y hallazgos anormales. En la décima edición de esta clasificación, la CIE-10, la agrupación se divide a su vez en diez secciones. Cada grupo de enfermedades se identifica con una letra del abecedario. En el caso de los trastornos mentales, le corresponde la letra F (Ramos, 2002).

bado que cada uno de ellos presenta una eficacia semejante. Lo que los diferencia entre ellos son los efectos colaterales, su proceso de absorción dentro de nuestro organismo, su eficacia en otros trastornos mentales o en sus mecanismos de acción (Heerlein, 2002).

- Psicoterapia: la terapia cognitiva-conductual (TCC) ayuda al paciente a reconocer su pensamiento distorsionado y negativo con el objetivo de alterar su raciocinio y comportamiento para responder a los desafíos de la vida de una manera más positiva.
- La psicoterapia suele involucrar sólo al individuo, pero también puede incluir a otros. Tenemos como ejemplos claros la terapia familiar, en pareja o en grupo. Dependiendo de la gravedad de la depresión, el tratamiento puede tardar unas semanas o incluso más. En muchos casos, se puede hacer una mejora significativa en un lapso de 10 a 15 sesiones (APA, 2022).
- Terapia electroconvulsiva (TEC): es un tratamiento médico que se ha reservado para pacientes con depresión mayor grave que no han respondido como se esperaba a otros tratamientos. Implica una breve estimulación eléctrica del cerebro mientras el individuo está bajo los efectos de la anestesia. Un paciente generalmente recibe TEC de 2 a 3 veces por semana para un total de 6 a 12 tratamientos (APA, 2022).
- Autoayuda y afrontamiento: el ejercicio regular destaca por su capacidad para aliviar la tensión y producir una sensación de optimismo y bienestar en el individuo. Mediante un estudio realizado por la Universidad de la Rioja, se comprobó que si una persona mejoraba su condición física a causa del ejercicio, aumentaba su autoestima y estado de ánimo (Márquez, 1995).

e) Principales tests de depresión

Los principales tests de depresión cuentan con escalas que presentan propiedades para medir el estado psicológico de un individuo y evaluar la depresión del mismo. Los resultados de estos tests no tienen la intención de diagnosticar el trastorno, sino de proveer información que será posteriormente evaluada por un profesional, es decir, los

resultados son orientativos y deben complementarse con el juicio clínico de un especialista.

- *Beck Depression Inventory (BDI)*: fue creado por Aaron Beck, precursor de la terapia cognitiva³. Su objetivo consistió en utilizar esta técnica para los trastornos del estado de ánimo; sin embargo, la terminó expandiendo a diversos ámbitos. El test se fundamenta en la teoría cognitiva, y esta surge de la idea de que los sentimientos experimentados y los pensamientos tienen una relación directa que afecta de forma inmediata al comportamiento. Según Beck, basándose en la perspectiva cognitiva, una persona con depresión tiene un autoconcepto negativo del futuro y del entorno. A esta perspectiva también se le conoce con el nombre de “tríada cognitiva”. La persona deprimida se siente inútil, incapaz y, en algunos casos, defectuosa o despreciable. El test de depresión de Beck puede aplicarse tanto a adultos como a adolescentes a partir de 13 años y su objetivo es detectar la presencia de síntomas depresivos y cuantificar su gravedad. Este instrumento se debe autoaplicar, es decir, debe ser rellenado por uno mismo y con total sinceridad. Tiene 21 ítems que contienen a su vez 4 alternativas ordenadas de menor a mayor gravedad. El paciente debe elegir la frase que describa de mejor manera su estado durante las últimas dos semanas. Cada ítem es valorado de 0 a 3 puntos en función de la alternativa elegida. Posteriormente, se suma el total de las 21 preguntas, cuyo resultado es una puntuación mínima de 0 y una puntuación máxima de 63. Según la calificación, hay distintas interpretaciones del resultado:

³ La terapia cognitiva es definida por Beck como un procedimiento activo, estructurado y colaborativo. Dos conceptos son clave en la terapia cognitiva: Empirismo colaborativo y Autoterapia ampliada. Según el primer concepto, la terapia es concebida como una construcción cooperativa entre terapeuta y paciente respecto a los objetivos y métodos a utilizar. El segundo concepto consiste en animar al paciente a realizar tareas entre sesión y sesión como un componente vital que se integre al tratamiento (Beck, 1995).

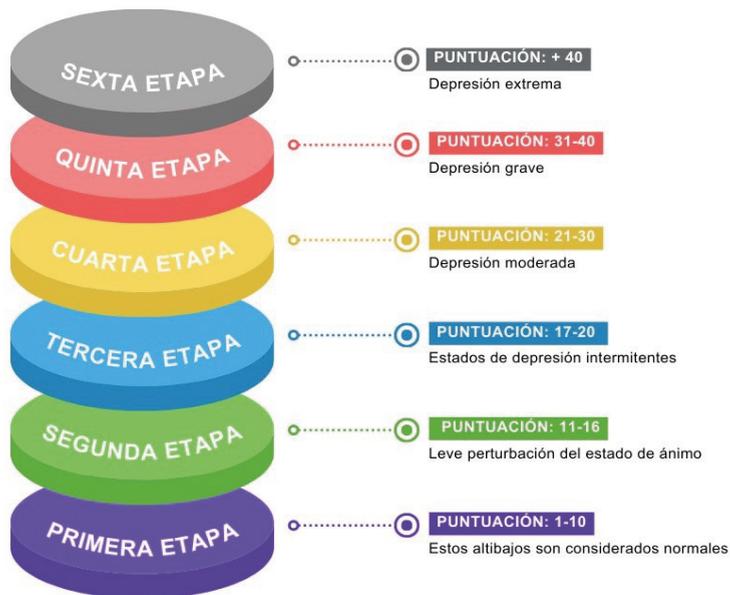


Figura 1. Guía para la interpretación del inventario de la depresión de Beck. Fuente: elaboración propia

- *Hamilton Rating Scale for Depression (HRSD)*: fue creada para medir la intensidad y la gravedad de la depresión y es de las más utilizadas para llevar a cabo un seguimiento de la evolución de los síntomas depresivos.
- *Montgomery Asberg Depression Rating Scale (MADRS)*: es una escala que debe ser aplicada por un especialista mediante una entrevista que consiste en hacer 10 preguntas sobre los trastornos depresivos del individuo. A diferencia del HRSD, cuenta con la ventaja de que no monitoriza síntomas relacionados con la ansiedad y que la evaluación se realiza en la última semana del tratamiento.
- *Brief Patient Health Questionnaire (PHQ-9)* y preguntas de *Whooley*: el PHQ-9 tiene la finalidad de reconocer los síntomas depresivos y consta de 9 ítems. Conjuntamente, las preguntas de Whooley son dos ítems que se refieren al estado de ánimo y la ausencia de placer del PHQ-9.
- Otros cuestionarios (ver anexo 1).

7.2. Migración

“Deseo y anhelo continuamente irme a mi casa y ver lucir el día de mi vuelta”.

Ulises en La Odisea

a) ¿Qué es?

La migración es un fenómeno social que afecta a toda la sociedad, tanto al inmigrante como al autóctono que ve modificado su mundo por la llegada de los inmigrantes (Achotegui, 2022). La definición que viene dada por la Real Academia Española es “desplazamiento geográfico de individuos o grupos, generalmente por causas económicas o sociales” (s.f., definición 3). Si bien es cierto que antiguamente los inmigrantes eran extranjeros, en la actualidad, la identidad nacional de una persona ya no basta para definirlo como inmigrante. En la costa mediterránea residen personas que no son consideradas como tal a pesar de no ser de España y hay otras que, parece ser, nunca dejarán de serlo e incluso trasladarán la condición a sus descendientes. Un ejemplo claro son los famosos “guiris” en España, término utilizado para europeos de clase rica o acomodada. Nadie se refiere como inmigrante al inglés o francés viviendo en Valencia, pero si hablamos de gente de Hispanoamérica o África, inmediatamente utilizamos tal palabra para referirnos a ellos⁴ (Torres, 2012).

En relación con ello, la sociedad receptora dota de un lugar especial al extranjero dentro de la convivencia y es percibido como alguien que pertenece al grupo, pero al mismo tiempo, ciertas actitudes o costumbres del individuo hacen que no esté del todo integrado y no haya esa sensación de pertenencia en la sociedad (Simmel, 1988).

b) Causas

El inicio de la recopilación de causas comienza en el Neoclásico, seguida por teorías elaboradas por autores del siglo XIX como el geólogo Ernest Ravenstein (*Las leyes de las migraciones*), y del siglo XX como los sociólogos William Thomas y Florian Znaniecki (*The Polish Peasant*

⁴ En este caso, podemos discernir entre 2 tipos de inmigrantes: los residenciales y los laborales. Los primeros provenientes de la Europa rica, y los segundos, de países menos desarrollados. Como se puede apreciar en el ejemplo expuesto en el texto, esta distinción no se limita sólo a leyes que protegen a los europeos, sino también, al trato de la sociedad para con los inmigrantes dependiendo de su nacionalidad y de la clase social a la que pertenezcan. Con esto, damos a entender que la idea de estos dos tipos de inmigrantes depende tanto de factores jurídicos como sociales y económicos. Las situaciones de irregularidad propios de, en este caso, los latinos, hace que la sociedad los perciba no solo de una clase social más baja, sino también como un individuo menos “civilizado” (Torres, 2012).

in Europe and America). Además, debemos destacar la contribución del sociólogo Everest Lee, que elaboró una forma de analizar la migración llamada *push-pull* o la teoría de atracción-repulsión. Esta teoría consiste en una interacción de fuerzas que tienen carácter económico: la fuerza de expulsión de la zona de origen (desempleo, hambre, falta de seguridad, etc.), y la fuerza de atracción de la zona de destino (la demanda de empleo, mejores oportunidades en educación, etc.). Durante los últimos años del siglo XX hubo una gran intensificación de la migración debido a la internacionalización del desarrollo económico y las descolonizaciones. Teniendo aquello en cuenta, podemos entender por qué las principales aportaciones que se hicieron para explicar la migración, tuvieron un enfoque económico. Otro enfoque económico que nos otorgan estas teorías es la inexistencia de una relación entre la pobreza y la emigración, dado que las zonas paupérrimas no disponen de recursos económicos para poder abandonar el país, recursos culturales para tomar consciencia de las oportunidades que hay en otros lugares, ni del capital social (las conexiones o contactos) para encontrar un trabajo y enfrentar el nuevo medio. De hecho, son los grupos que pertenecen a la clase media los más propensos a irse (Arango, 2003).

c) Consecuencias en la salud mental

El cambio vital que supone la migración posee una parte de estrés y duelo ocasionados por los numerosos cambios y adaptaciones que debe afrontar el individuo. El estrés y duelo migratorio sólo afecta negativamente a nivel psicológico si la migración se vive en malas condiciones personales y sociales (Achotegui, 2004).

Respecto al duelo migratorio, se entiende como el proceso de reestructuración de personalidad del sujeto cuando pierde algo que es significativo para él (Achotegui, 2004). Posee unas características especiales que lo diferencian del duelo prototípico, por la muerte de un ser querido (Achotegui, 2022):

- Es parcial: el objeto, el país de origen en este caso, no desaparece. Se produce una separación entre el sujeto y objeto, pero existiendo la posibilidad de contacto y de regreso algún día.
- Da lugar a cambios en la identidad: la migración cambia al sujeto, para bien o para mal, y todos estos acontecimientos tendrán determinadas consecuencias en su identidad.

- Se acompaña de sentimientos de ambivalencia. El inmigrante experimenta sentimientos de amor hacia su país de origen, pero a su vez, van acompañados de sentimientos de rabia por tener que haberse ido. Así mismo, se puede encontrar la misma ambivalencia con el país de acogida.
- Es transgeneracional, es decir, es posible heredar esta información emocional.

d) Reacciones ante la migración: racismo y xenofobia

La convivencia entre autóctonos y foráneos puede impulsar el desarrollo de sentimientos de aproximación (filia) o de rechazo (fobia).

Según Allport (1954), existen cinco grados de rechazo que van de lo más sutil a lo más expresivo:

- 1) Rechazar a las personas de otras religiones, etnias o países (miradas o comentarios despectivos).
- 2) Evitar el contacto (marginación).
- 3) Discriminación (privación de derechos y oportunidades)
- 4) Agresión física (violencia con distinto grado de intensidad)
- 5) Exterminio (genocidio y expulsión)

La discriminación, entendida como el trato desigual y perjudicial a una persona, grupo o institución, puede deberse a distintos motivos: género, sexo, aspecto físico, religión, etc. (Corbin, 2017). En este apartado nos centraremos en los más comunes: el racismo y la xenofobia.

El racismo es un concepto que se puede resumir como el rechazo a la diferencia (Sibony, 1997), ya sea en el ámbito del pensamiento, actitudinal o en ambos. Debemos tener claro que el racismo como ideología sí existe, pero no las “razas humanas”.

En cuanto a la xenofobia, se refiere a las actitudes, los prejuicios y las conductas que excluyen a las personas. En muchas ocasiones es difícil distinguir si el motivo de una conducta discriminatoria es movida por el racismo o la xenofobia, puesto que son las características físicas las que salen a relucir para diferenciar al otro de uno mismo. Además, si bien la xenofobia comparte con el racismo la idea de desigualdad, ésta se fundamenta en el odio hacia lo que otras culturas o estilos de vida representan, un odio que proviene del temor que inspiran y que tiene su origen en el desconocimiento de los que se perciben como diferentes (Borja, 1997).

e) Migración de latinoamericanos a España

Las relaciones migratorias entre España y Latinoamérica se han ido perpetuando desde el año 1492 y, a lo largo de la historia, se han caracterizado por sus motivos económicos y políticos, así como por su alternancia (españoles que se dirigen a Latinoamérica y viceversa). Si nos centramos en el último cuarto del siglo XX y principios del siglo XXI, hay que señalar el cambio de tendencia migratoria en España, pasando de ser un país con gran cantidad de emigrantes, a ser uno de los países que recibe mayor cantidad de inmigrantes de diversa procedencia aunque con un peso latinoamericano significativo.

Esta preferencia es apreciable en los datos de la revisión del padrón de 2008 (INE), los cuales señalan que en España residían 46.157.822 personas, de las cuales el 13.10%, había nacido fuera del país; siendo el peso de la población latinoamericana representativo entre este colectivo, pues suponían un 38,03% de los nacidos fuera de España (ver anexo 2). En la inmigración latinoamericana está representada casi la totalidad de los países de América Latina, aunque con un peso y unas características desiguales (García, Jiménez y Redondo, 2009). De esta manera, podemos destacar la presencia mayoritaria de ciertos países latinoamericanos en España.

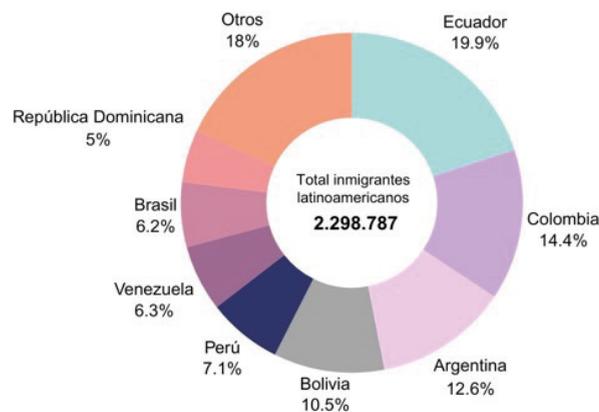


Figura 2. Cantidad de inmigrantes hispanoamericanos residiendo en España en 2008. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la revisión del padrón de 2008.

Este grupo de inmigrantes establecen su residencia mayoritariamente en Madrid y Valencia (Martínez, 2003). Por esta razón, algunos autores han afirmado que en España está ocurriendo un proceso de “latinoamericanización” (Fernández-Rufete y Rico, 2005).

7.3. Adolescencia

a) ¿Qué es?

Según la Real Academia Española, “la adolescencia es el periodo de la vida humana que sigue a la niñez y precede a la juventud” (s.f., definición 1). A pesar de esta definición, hoy en día no existe un consenso respecto a cuándo se inicia la adolescencia y cuándo se termina. Esto debido a que, así como el inicio se asocia a fenómenos biológicos y psicosociales, también hay una gran variación individual en las edades en que ambos se producen (Gaete, 2015).

Durante esta etapa, los adolescentes están en busca de cuatro objetivos (Eddy, 2014): lograr la independencia total de sus figuras parentales, la aceptación de su imagen corporal, una óptima integración en la sociedad y el desarrollo de la identidad propia. Para lograr estos cuatro hitos, los adolescentes adoptan experiencias positivas o negativas y las incorporan a ellos para poder formar su identidad. Estas experiencias estarán siempre relacionadas con el ámbito social, familiar, escolar y el de los pares, sin olvidar también la gran influencia que poseen los cambios ocasionados con el entorno.

No debemos estudiar a los jóvenes como sujetos meramente biológicos o psicológicos, sino también teniendo en cuenta el contexto donde viven y el contexto que hubo y habrá en un futuro (Musitu et al., 2001).

Con frecuencia las crisis en la adolescencia tienen más que ver con la percepción de la situación que con la situación en sí misma. De esta manera, las acciones que emprenden con la finalidad de solucionar un determinado problema van a depender de cómo interpreten y valoren dicha situación. Al afrontar estos desafíos se hace uso de los recursos psicológicos en función de las exigencias que la situación plantea y es precisamente el optimismo (relacionado con la resiliencia) el que permite que tomen las situaciones adversas como una oportunidad para el desarrollo personal y de sus habilidades sociales (González, 2012).

b) Desarrollo de la identidad en la adolescencia

La identidad es definida por la RAE como “conjunto de rasgos propios de un individuo o de una colectividad que los caracteriza frente a los demás” (s.f., definición 2).

La adolescencia es una época decisiva para desarrollar la identidad personal del adolescente; todas y cada una de sus

relaciones con el medio tienen gran influencia sobre ellos. El desarrollo de nuestra identidad empieza desde pequeños, pero es en la adolescencia cuando ocurren cambios neurológicos en nuestro organismo en el que entran en acción tres sistemas cruciales (Pereira, 2012):

- Sistema familiar: es el sistema de referencia de los adolescentes. La base de su identidad la construyen a partir de ella.
- Sistema escolar: la escuela es fundamental en la vida de los adolescentes, dado que a partir de ella se transmiten no solo conocimientos básicos y culturales que serán parte de ellos en un futuro, sino también la función de integrar a los adolescentes en un grupo social fuera del seno familiar.
- Sistema de los pares: Este sistema está conformado por todas aquellas relaciones que tenga el adolescente y que compartan la misma edad.

c) Crisis de la identidad en la adolescencia

Erik Erikson fue un psicólogo germano-estadounidense reconocido por sus contribuciones en psicología del desarrollo y sus teorías acerca de la crisis de identidad en la adolescencia.

Erikson elaboró una teoría a la que denominó “teoría psicosocial”. Esta teoría modifica y amplía la de los estadios psicosexuales de Freud⁵ y con ella establece que el desarrollo funciona a partir de un principio epigenético (Shaffer, 2009). Este principio postula la existencia de ocho fases de desarrollo en las que se ven involucrados el tiempo (de la infancia a la vejez) y los contenidos (el psicosexual y el psicosocial).

En cada etapa podemos encontrar un enfrentamiento entre las virtudes y defectos. El conflicto que nace entre la relación de estas dos fuerzas es conocido como “crisis”. De la resolución positiva de esta crisis emerge una cualidad provechosa específica para aquella fase. De lo contrario, nace

una fragilidad específica (Bordignon, 2005). Resolver la crisis propia de cada fase implica la posibilidad de pasar de una etapa a otra. Siguiendo este principio, Erikson elaboró un cuadro del ciclo epigenético en el que podemos observar:

Estadios psicosociales	Crisis psicosocial	Relaciones significativas	Modalidades psicosociales	Virtudes psicosociales	Maladaptaciones y malignidades
I - Infante (1 año)	Confianza vs. Desconfianza	Madre	Coger y dar en respuesta.	Esperanza, fe	Distorsión sensorial y desvanecimiento
II - Bebé (2 a 3 años)	Autonomía vs. Vergüenza y duda	Padres	Mantener y dejar ir.	Voluntad, determinación	Impulsividad y compulsión
III - Preescolar (3 a 5 años)	Iniciativa vs. Culpa	Familia	Ir más allá. Jugar	Propósito, coraje	Crueldad e inhibición
IV - Escolar (6 a 12 años)	Laboriosidad vs. Inferioridad	Vecindario y escuela	Completar y hacer cosas juntos.	Competencia	Virtuosidad unilateral e inercia
V - Adolescencia (13 a 18 años o más)	Identidad yoica vs. Confusión de roles	Grupos de iguales, modelos de roles	Ser uno mismo. Compartir ser uno mismo.	Fidelidad, lealtad	Fanatismo y repudio
VI - Adulto joven (20 a 30 años)	Intimidad vs. Aislamiento	Colegas, amigos	Perderser y hallarse a uno mismo en otro.	Amor	Promiscuidad y exclusividad
VII - Adulto (30 a 50 años)	Generabilidad vs. Autoabsorción	Hogar, compañeros de trabajo	Lograr ser. Cuidar de.	Cuidado	Sobreextensión y rechazo
VIII - Viejo (50 años a más)	Integridad vs. Desesperación	Los humanos o "los míos"	Ser, a través de haber sido. Enfrentar el no ser.	Sabiduría	Presunción y desesperanza

Figura 3. Fases del desarrollo psicosocial. Fuente: adaptado de Ciclo de vida completo, de N. Bordignon, 2005 y Teorías de la personalidad, de C. Boeree, 2005.

Centrándonos en la fila que está dedicada a la adolescencia, podemos observar que la tarea primordial es lograr la identidad del Yo y evitar la confusión de roles.

La *identidad yoica* consiste en saber quiénes somos y cómo encajamos con el resto de la sociedad. Durante esta etapa, la comunidad otorga tareas y responsabilidades que ayudan a distinguir al adolescente del adulto (Bordignon, 2005). Sin la existencia de estos límites, nos exponemos a una confusión de roles, es decir, no saber cuál es nuestro lugar en la sociedad y en el mundo.

La maladaptación que puede surgir es el fanatismo (creer que su forma es la única que existe), de lo contrario, surge una malignidad bastante más problemática: el repudio (desprecio de su pertenencia en el mundo adulto).

Todo esto va ligado a la relación social significativa de esta fase: *el grupo de los iguales*, en el que los adolescentes

⁵ Para Freud, el impulso sexual (o libido) era la fuerza motivacional más importante en el ser humano. Con el fin de comprobar que la sexualidad era la responsable de mover el comportamiento humano, estudió su desarrollo a lo largo del ciclo vital y observó cómo diferentes partes de nuestra piel nos daban mayor placer en distintas etapas de nuestras vidas. Basándose en ello, Freud descubrió que la sexualidad estaba presente en el ser humano desde el nacimiento y postuló su teoría de “los estadios psicosexuales” (Boeree, 2005).

buscan aceptación e identificación afectiva, de comportamiento e intereses con los que el adolescente puede establecer relaciones de confianza.

Si logramos atravesar exitosamente esta etapa, conseguiremos la *fidelidad* como virtud, la cual implica lealtad y la capacidad de vivir en armonía con la sociedad (Boeree, 2005).

d) Depresión en la adolescencia

La depresión en jóvenes es, sin duda, el trastorno psicológico más frecuente en la sociedad actual.

Si analizamos la depresión desde un contexto infantil y juvenil, debemos distinguir entre depresión como síntoma y depresión como trastorno. Como síntoma, la depresión se define como un estado de ánimo negativo caracterizado por la tristeza, la pérdida de interés y la disminución de la capacidad de disfrutar. En ocasiones, se trata de la expresión de fenómenos transitorios propios de la adolescencia. Como trastorno, la depresión acompaña el estado de ánimo negativo con otros problemas somáticos, cognitivos y de conducta, tal y como vimos en el apartado dedicado a la depresión.

La depresión en adolescentes parece ser similar a la de los adultos en cuanto a expresión sintomática, sin embargo, existe un factor específico que los diferencia: la destructividad. Aun así, existe una baja capacidad para reconocer la depresión en la adolescencia debido a la interpretación de los cambios de los estados de ánimo como cambios hormonales propios de esta etapa (García Alonso, 2009).

En cuanto a la población inmigrante, existen una serie de escenarios que actúan como factores de riesgo (García Alonso, 2009): el desarraigo familiar, los contextos xenófobos, el cambio de residencia y la dificultad para la integración social.

Cabe destacar que durante la adolescencia las relaciones entre iguales son de absoluta importancia. La falta de adaptación, el rechazo y la agresión influyen significativamente sobre el estado de ánimo, convirtiéndose así también, en factores de riesgo de otros trastornos.

e) Los adolescentes y la migración a España

Los adolescentes sufren las consecuencias de la migración de una manera muy distinta a los niños o adultos. En muchas ocasiones esta incorporación es forzosa y los

adolescentes viven esta experiencia como una amenaza. Las circunstancias que influyen en la decisión de migrar desempeñarán un papel fundamental en el proceso de integración del inmigrante en el nuevo país de residencia. La migración voluntaria es un componente clave: si la persona decide dejar su país impulsado por la idea de las oportunidades que se le pueden presentar, entonces tenderá a estar más dispuesta a vivir todo lo que la experiencia implique. De lo contrario, tenderán a adoptar una perspectiva pesimista acerca de la migración (Suárez-Orozco, 2000).

Los jóvenes, como ya sabemos, tienden a buscar figuras con las que identificarse fuera del ámbito familiar (Erikson, 1980). Pero en el caso de los inmigrantes involuntarios, esa búsqueda viene acompañada de la necesidad que tienen de sentirse diferente a los jóvenes autóctonos de la sociedad que los acoge. En ese contexto, se vuelve complicada la satisfacción del “espejo social”, que es la manera en la que el adolescente se siente percibido y valorado por su entorno social. Para distanciarse del espejo que la sociedad le otorga de sí mismo, el adolescente intenta alejarse de las opiniones que recibe adoptando conductas de integración⁶ o, alternativamente, afirmando dicho estereotipo mediante actitudes agresivas y de rechazo (Eresta, 2007).

Por último, me parece importante destacar el rechazo al país de acogida de algunos adolescentes latinoamericanos. Este sentimiento podría explicarse por la idealización del país de origen. Según sus impresiones, allá dejaron sus sentimientos más sólidos y “se sentían seguros, queridos y aceptados” (Eresta, 2007: 69). Este sentimiento difiere con el de vulnerabilidad que experimentan en España, donde intentan construir afectos en un medio que sienten poco accesible. Así, la idealización del país de origen es común entre migrantes dado que todo lo que dejaron allí se muestra ideal y sin fallo alguno. Asimismo, también puede ocurrir que sea el país de acogida el que se idealice y se denigre el país de origen (Achotegui, 2002).

En conclusión, existe una gran diversidad de factores que influyen en la percepción del entorno de un adolescente hispanoamericano que ha atravesado por un proceso de migración y adaptación. Como hemos visto en el resto de apartados, estos elementos se relacionan y pueden afectar

⁶ El deseo de los jóvenes latinos por ser aceptados como iguales hace que adopten patrones nuevos de comportamiento para mostrar que la asimilación cultural se ha producido en ellos. Aprender la pronunciación de la “zeta” y abandonar el seseo son los ejemplos más representativos.

directamente a la salud mental del individuo. Demostrar la veracidad de estas afirmaciones es precisamente lo que intentaremos demostrar en el presente trabajo.

8. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

8.1. Recogida y análisis de datos del primer cuestionario

Se ha realizado una recogida de datos mediante un primer cuestionario basado en el *Beck Depression Inventory*, que es un test oficial de depresión que tiene como objetivo identificar síntomas depresivos y cuantificar su gravedad. Se eligió este test debido a tres razones:

- Su alta fiabilidad. Es posible diferenciar el caso de una persona con trastorno depresivo de una que tan sólo tiene el estado de ánimo bajo.
- Es aplicable tanto a adultos como a adolescentes a partir de los 13 años, que es el grupo que queremos estudiar.
- Su facilidad de aplicación, no hace falta que interfiere un profesional ya que es autoaplicable.

El cuestionario consta de 21 ítems y fue aplicado tanto a adolescentes españoles como a hispanoamericanos que estuvieran cursando la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (ver anexo 3). Para ello, se les pidió que puntuaran en una escala de cero a tres los diversos síntomas de la depresión según la intensidad presente en ellos.

Es importante destacar que este inventario es una herramienta útil para los profesionales por su confiabilidad y efectividad, además de permitir simplificar la tarea diagnóstica. Este cuestionario nos servirá simplemente como guía para medir el índice de depresión en cada participante, pero de ninguna manera para diagnosticar este trastorno depresivo.

Para interpretar el inventario correctamente, se debe sumar el total de las 21 preguntas, cuyo resultado es una puntuación mínima de 0, y una puntuación máxima de 63. En el caso de que haya más de una respuesta, se coge la de mayor puntuación. Según la calificación, tenemos distintas interpretaciones:

Puntuación	Nivel de depresión
1 - 10	Estos altibajos son considerados normales.
11 - 16	Leve perturbación del estado de ánimo.
17 - 20	Estados de depresión intermitentes.
21 - 30	Depresión moderada.
31 - 40	Depresión grave.
40 +	Depresión extrema.

Figura 4. Interpretaciones de los resultados de los tests de depresión⁷. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, para recoger los datos obtenidos en el primer cuestionario se elaboraron tablas. Siguiendo las indicaciones de la figura 4, se ha ido indicando con colores las distintas interpretaciones de los resultados, separando por un lado el de los españoles y, por otro, el de los hispanoamericanos (ver anexo 4).

Posteriormente, se realizó un tratamiento estadístico mediante porcentajes representados en gráficos circulares, los cuales se calcularon para cada nivel de interpretación del test de depresión. De esta forma, podremos saber qué grupo de adolescentes tiene una mayor sintomatología depresiva y, por tanto, una mayor tendencia a padecer un trastorno depresivo.

Las primeras dos categorías que se señalan en la figura 5 no corresponden a un estado depresivo y sólo indican un estado de ánimo perturbado considerado normal y propio de ciertas circunstancias. Dentro de estos dos primeros niveles, podemos observar que la mayoría de los adolescentes españoles son los predominantes: en el primer nivel con un 70% y con un 81% en el segundo. En el tercero, que corresponde a estados de depresión intermitentes, hay una ligera presencia mayoritaria de adolescentes hispanoamericanos. Por último, en cuanto a los últimos tres niveles, que ya nos estarían indicando la posible presencia del trastorno depresivo, se puede apreciar que los adolescentes hispanoamericanos representan la mayoría del porcentaje: el 72% de este grupo presenta una depresión moderada o leve, el 80% presenta una depresión grave, y el 67% presenta una depresión extrema.

⁷ Una puntuación persistente de 17 o más indica que el participante puede necesitar ayuda profesional.

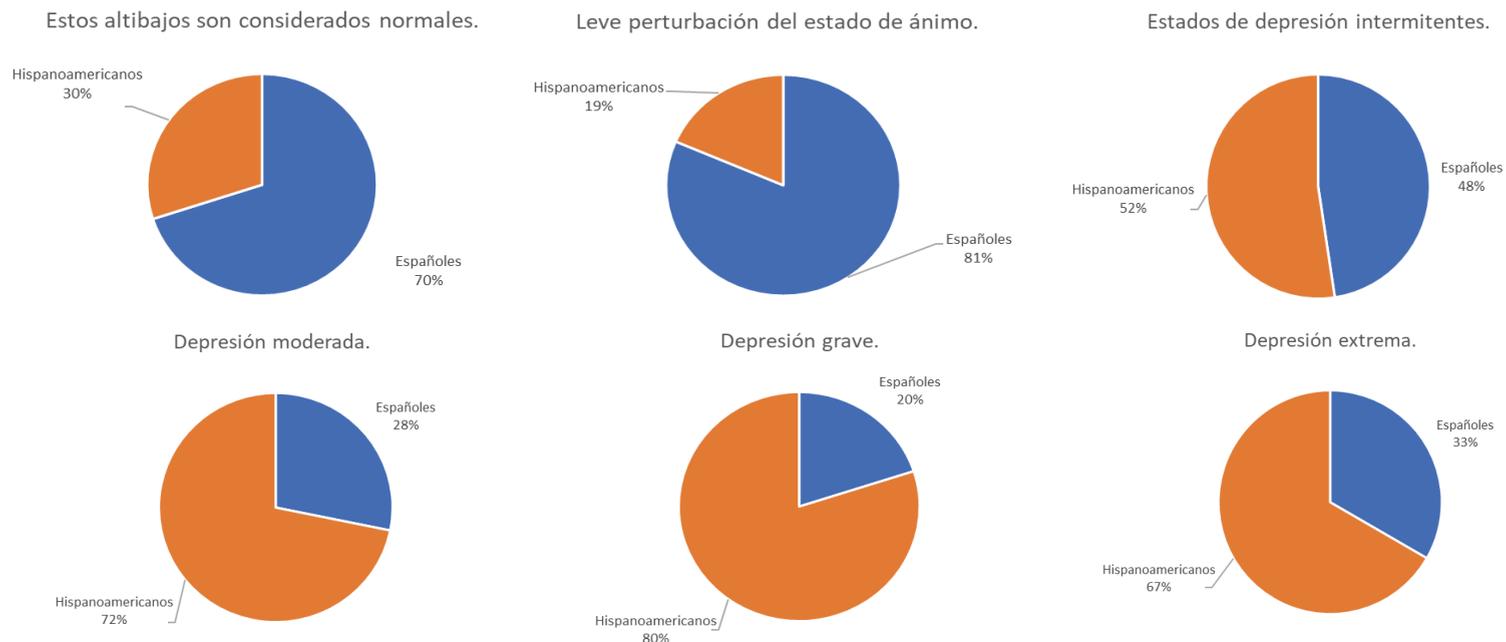


Figura 5 Porcentaje de encuestados según las distintas interpretaciones del test de depresión. Fuente: Elaboración propia.

A pesar de lo elevados que parecen ser los porcentajes, debemos recordar que éstos se realizaron con el total de personas dentro de cada nivel. Para poder visualizarlo mejor, los datos se han representado en un gráfico de barras. Este tipo de gráfico permite comparar visualmente los valores entre los distintos niveles de depresión.

La mayor dificultad de este trabajo fue intentar igualar el número de participantes hispanoamericanos con el de españoles. Evidentemente, al hacer el estudio en España, encontramos más adolescentes españoles que hispanoamericanos. Aun así, se pudo nivelar los datos entre ambos grupos y conseguir cifras más significativas.

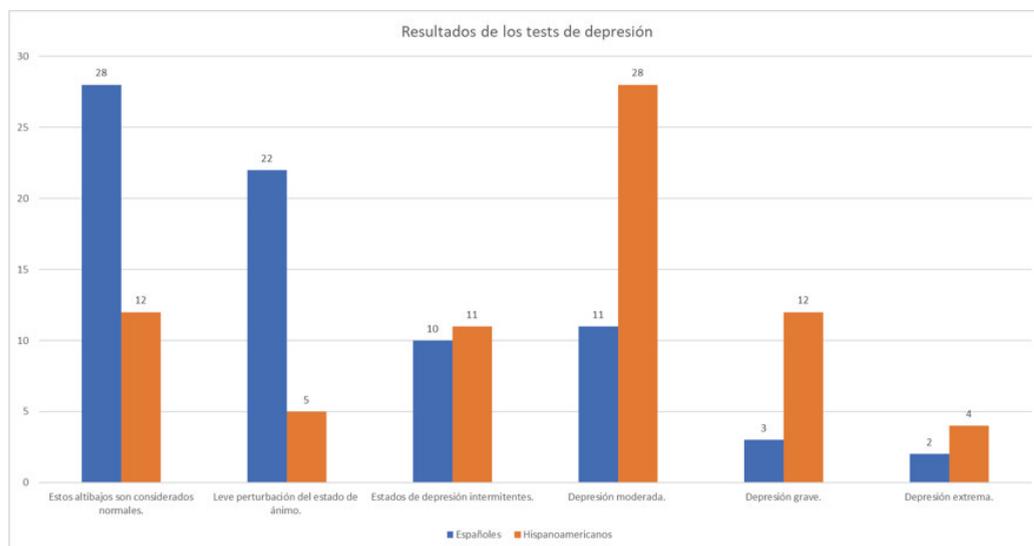


Figura 6. Comparación de resultados entre españoles e hispanoamericanos. Fuente: Elaboración propia.

A raíz de los datos obtenidos, se puede afirmar que hay un mayor número de adolescentes hispanoamericanos dentro de cuadros depresivos en comparación con los españoles. De esta forma, podemos decir que se cumple la hipótesis parcialmente porque, recordemos, estos resultados solo son orientativos. Necesitaríamos la intervención de un profesional para afirmar que los encuestados padecen depresión.

8.2. Recogida y análisis del segundo cuestionario

En este segundo cuestionario, dirigido solo a adolescentes hispanoamericanos, se pretendió crear un espacio en el que este grupo de personas pudiesen comentar sus experiencias vividas en su proceso de adaptación, así como intentar relacionar estos comentarios con el tiempo que llevan viviendo en España, o los familiares que viven con ellos, entre otras preguntas.

Debe reconocerse que, al ser anónimo, no se han podido relacionar estos datos con el test de depresión. Por ello, este cuestionario sólo intenta descubrir los factores que han podido influir en el mayor índice de depresión en los adolescentes hispanoamericanos (ver anexo 5).

A partir de los resultados obtenidos se elaboraron gráficos que pudiesen demostrar la tendencia dentro de este grupo de adolescentes migrantes.

La primera pregunta está relacionada con el tiempo que llevan viviendo en España los encuestados. Se propone como futura línea de investigación relacionar el tiempo de residencia en España con los pensamientos positivos o negativos que pueden llegar a tener estos adolescentes.

¿Cuánto tiempo llevas residiendo en España?
43 respuestas

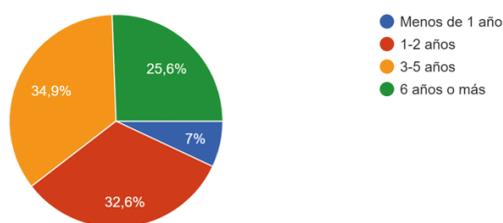


Figura 7. Porcentaje de encuestados según el tiempo que llevan residiendo en España. Fuente: Elaboración propia.

La segunda pregunta hace referencia al núcleo familiar que vive en España con el encuestado, es decir, pretende averiguar si el adolescente vive actualmente con la madre, padre y hermanos, en caso de tenerlos. Se puede apreciar que el 63,6% de los encuestados viven con todos ellos y el 15,9% no vive con ninguno de ellos.

¿Tu núcleo familiar vive contigo? (madre, padre, hermanos)
43 respuestas

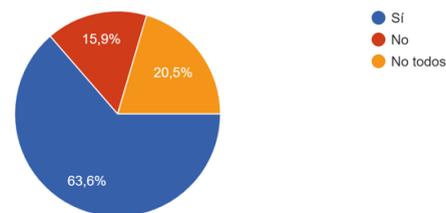


Figura 8. Porcentaje de encuestados según los familiares que vivan con ellos. Fuente: Elaboración propia.

En la tercera pregunta, la mayoría de encuestados (63,6%) señalaron echar de menos con frecuencia a los familiares que continúan residiendo en sus países de origen, mientras que el resto de los encuestados se dividen equitativamente entre las respuestas “sí, todos los días estoy triste por ellos” y “no, con los que estoy me encuentro bien”

¿A menudo echas de menos a los familiares que continúan residiendo en tu país de origen?
43 respuestas

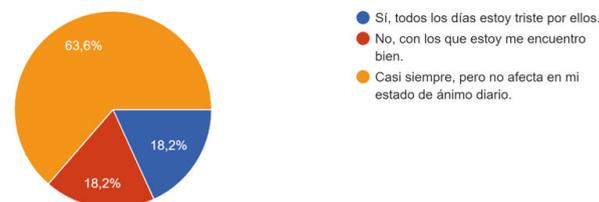


Figura 9. Porcentaje de encuestados según lo señalado en la tercera pregunta. Fuente: Elaboración propia.

La cuarta pregunta hace referencia al estado emocional de los adolescentes y se pueden observar resultados muy diversos: el 39,5% declara sentir que su estado emocional ha empeorado pero hace lo posible por salir adelante; el 23,3% afirma sentirse bien emocionalmente y el 9,3% denuncia sentirse triste y sin ganas diariamente. El resto no sabría definir su estado actual.

¿Sientes que tu estado emocional ha empeorado?
43 respuestas

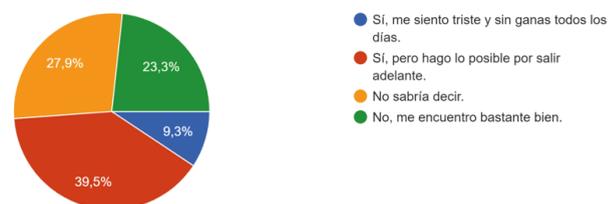


Figura 10. Porcentaje de encuestados según su estado emocional. Fuente: Elaboración propia.

La quinta pregunta pretende averiguar la relación actual de los adolescentes con sus padres desde que tuvieron que mudarse a otro país. Al contrario de lo que se pensó en un inicio, la mayoría de los encuestados (60,5%) declararon no haber notado ningún cambio negativo en la relación con sus familiares.

¿Ha empeorado tu relación con tus familiares desde que vives en España?
43 respuestas

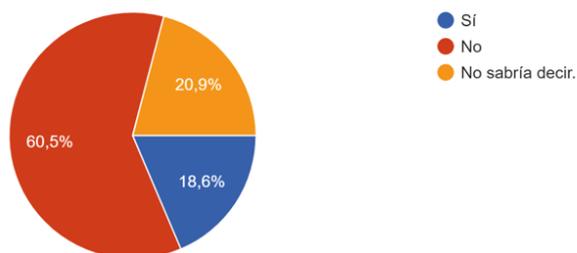


Figura 11. Porcentaje de encuestados según la relación con sus familiares. Fuente: Elaboración propia.

En el sexto ítem se preguntó cuáles eran los pensamientos que los adolescentes tenían con más frecuencia acerca de su proceso migratorio y adaptación. Se propusieron tres enunciados, pero también se dejó la opción de escribir otra respuesta:

1. Me gustaría regresar a mi país.
2. Siento que mi futuro no está aquí.
3. Disfruto mucho de los momentos y experiencias que estoy creando en España.
4. Me gustaría volver a mi país, pero de vacaciones.
5. Me gustaría regresar por un tiempo, pero sé que mi futuro está aquí.
6. Disfruto mucho de estar en España en comparación a cómo estaba en Latinoamérica. Todos los días me pregunto qué hubiera pasado si no hubiera venido e imagino cómo sería mi vida.
7. No me siento ni de aquí ni de allá.

La tercera respuesta fue la más elegida por los encuestados, representando el 55,8% del total. Esto indicaría que casi la mitad de adolescentes disfruta de la estadía en España, mientras que el resto señala tener deseos de regresar a su país de origen e imaginan cómo sería su vida si se hubieran quedado, pero siendo conscientes de que su futuro está ahora en España.

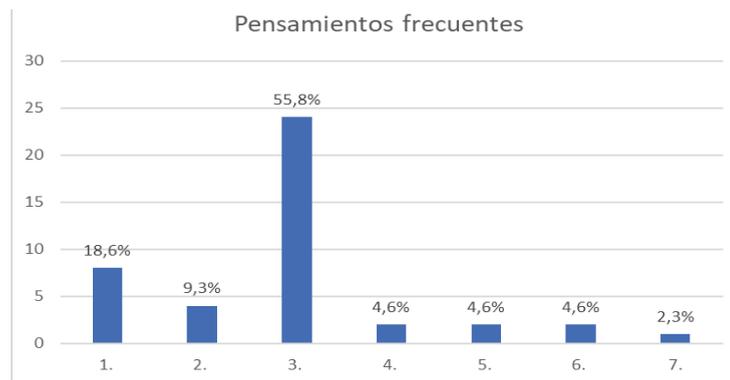


Figura 12. Porcentaje de respuestas más elegidas por los encuestados. Fuente: Elaboración propia.

La séptima pregunta está relacionada con la autoestima y cuestiona al encuestado si la percepción sobre su apariencia física se ha visto afectada por la migración a España. Se puede apreciar que hay un reparto parcial entre los que respondieron que, efectivamente, se encuentran menos atractivos desde que viven en España (39,5%) y los que dicen percibirse de la misma forma que siempre (23,3%). El 37,2% del total respondió que no sabría decir si la opinión sobre su aspecto físico ha cambiado.

¿Sientes que la opinión que tenías sobre tu apariencia ha cambiado?
43 respuestas

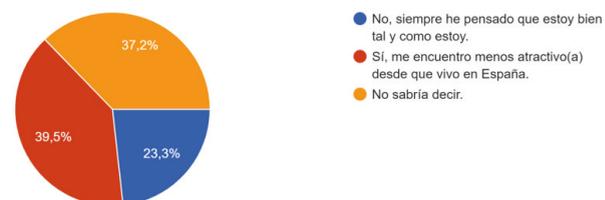


Figura 13. Porcentaje de encuestados según opinión sobre su apariencia. Fuente: Elaboración propia.

La octava y novena pregunta están relacionadas. Hacen referencia a si los encuestados han recibido algún tipo de discriminación y cómo se sintieron a partir de ello. Podemos observar que más de la mitad de encuestados afirma haber sido víctima de discriminación (72,1%), mientras que el resto lo niega. Estos porcentajes indican que la condición de inmigrante, hace muy propensos a estos adolescentes a sufrir discriminación.

Con respecto a la novena pregunta, hubo múltiples respuestas, siendo las tres primeras las que se propusieron en el cuestionario:

1. Sensación de que no pertenezco aquí.
2. No le di mucha importancia.
3. Me sentí mal, pero solo me afectó en ese momento.
4. Al principio me molestaba, ahora solo lo ignoro.
5. Me sentí excluido. Pensar en experiencias pasadas me afecta emocionalmente hasta el día de hoy porque mucha gente en España vive en la ignorancia acerca de lo difícil que es ser inmigrante y todas las dificultades que supone. Sumado a eso, existe gente racista que te hace sentir fatal con comentarios, miradas, burlas, etc. Lo peor es que no solo he recibido comentarios de personas de mi edad, sino también de adultos y personas mayores.
6. Discutí con el niño que se metió conmigo. Se lo comenté a los profesores y ellos se lo dijeron a sus padres. Ese niño recibió un castigo en casa por lo que me decía.
7. Sufrí bullying y lo pasé bastante mal.
8. Me obligué a cambiar mi acento, así como algunas palabras y frases que solía decir.

La tercera respuesta fue la más elegida, lo que indicaría que hay una tendencia a que las actitudes discriminatorias afecten al adolescente en cierta magnitud, pero solo en el momento en el que se produce.

¿Has recibido algún tipo de discriminación en España por tu acento, apariencia o costumbres?
43 respuestas

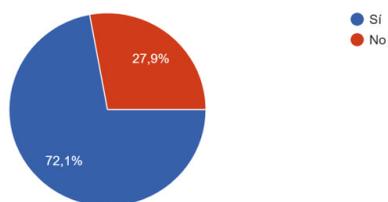


Figura 14. Porcentaje de encuestados que han experimentado discriminación. Fuente: Elaboración propia

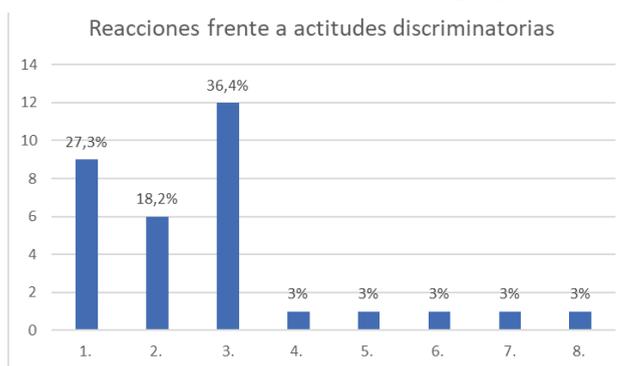


Figura 15. Porcentaje de respuestas elegidas por los encuestados. Fuente: Elaboración propia.

Para terminar, en la última pregunta se pide a los encuestados que opinen sobre su proceso de adaptación, por lo que esta parte del cuestionario nos ha servido simplemente para conocer los pensamientos de estos adolescentes hispanoamericanos y que nos cuenten las experiencias o problemas que han tenido que atravesar durante sus procesos de adaptación (ver anexo 6).

9. CONCLUSIONES

Tras haber llevado a cabo una investigación exhaustiva acerca de la migración, la depresión, la adolescencia, y un riguroso estudio sobre la migración y el impacto en la salud mental de los adolescentes hispanoamericanos, centrándonos principalmente en la depresión, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Tras realizar el análisis del primer cuestionario para determinar los distintos niveles de depresión presentes en cada grupo, se ha llegado a la conclusión de que los adolescentes hispanoamericanos que han migrado a España presentan una mayor tendencia a poseer un trastorno depresivo. Hablamos de tendencia porque el test sólo nos brinda una estimación de la gravedad o intensidad sintomática de este trastorno. Sin embargo, los índices mostrados en los gráficos nos indican que, efectivamente, los adolescentes hispanoamericanos son más propensos a sufrir este cuadro depresivo.
- El análisis del segundo cuestionario nos ayudó a identificar otros factores que han influido en la aparición de un mayor índice de depresión, aparte de los que ya se señalan en los libros especializados en el tema. Los encuestados, en general, manifestaron cambios respecto a la relación con las personas que viven con ellos, la percepción que tienen de sí mismos, el trato que reciben, entre otros. De esta forma, podemos afirmar que no sólo el choque cultural afecta psicológicamente a estos adolescentes, sino también los factores específicos anteriormente mencionados.
- A pesar de que los adolescentes hispanoamericanos presentan una mayor tendencia a sufrir depresión, el segundo cuestionario nos demuestra que también tienen una gran capacidad de adaptación y que, a pesar de las dificultades, afrontan los problemas y hacen lo posible por salir adelante.

10. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez concluida la investigación y, a partir de los datos obtenidos, cabe preguntarse si se pueden cubrir otros aspectos acerca de la relación entre la migración y su repercusión en la salud mental de las personas que atraviesan por este proceso. Las próximas líneas de investigación que se proponen son:

- Extrapolar lo estudiado a otras nacionalidades: ¿son afectados de la misma forma los adolescentes de otras nacionalidades que han migrado a España?
- Relacionar el tiempo que llevan viviendo los adolescentes migrantes en España con la sintomatología depresiva: ¿un adolescente que lleva menos tiempo viviendo en España es más propenso a padecer un trastorno depresivo?
- Aplicar el mismo estudio a los padres migrantes: ¿se ven obligados a esconder sus sentimientos para ver bien emocionalmente a sus hijos?
- Aplicar los datos obtenidos a próximos estudios del área de la psicología clínica: ¿puede la migración afectar de otras formas a la psicología del adolescente hispanoamericano?
- Estudiar si el impacto negativo en la salud mental del adolescente tiene la misma repercusión si la migración se realiza hacia un país con el que no comparte idioma o historia: ¿afecta de la misma manera?
- Realizar un estudio más exhaustivo acerca de los factores que influyen en que los adolescentes hispanoamericanos que migran tengan una mayor tendencia a presentar un cuadro depresivo, pues en este estudio no se realizó un análisis a profundidad sobre cómo afecta al adolescente que su núcleo familiar no viva con él, o por qué la percepción de su aspecto físico cambió cuando migró a España, entre otros.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achotegui, J. (2002). La depresión en los inmigrantes. Una perspectiva transcultural. Barcelona: Ediciones Mayo.

Achotegui, J. (2004). La depresión en los inmigrantes extracomunitarios: características del síndrome del inmigrante con estrés crónico y múltiple (Síndrome de Ulises). *Revista clínica electrónica en atención primaria*, (3), 1 - 9. Recuperado a partir de <https://core.ac.uk/download/pdf/13322615.pdf> (Última consulta: 3 de diciembre 2023)

Achotegui, J. (2022). Los siete duelos de la migración y la interculturalidad. Ned ediciones. Recuperado a partir de <https://n9.cl/lbkvxf>

Allport, F. H. (1954). *The Nature of Prejudice*. Addison-Wesley. Recuperado a partir de <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.188638>

American Psychiatric Association. (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales: DSM-5 (5a ed.)*. Recuperado a partir de <https://docs.google.com/file/d/0B08c1LEUic-tRN2dVUGNKTHNxaXc/edit?resourcekey=0-pg8HXukNniFJM-IuuhzzPg>

American Psychiatric Association. (2016). *Depressive disorders: DSM-5 Selections*. Recuperado a partir de <https://n9.cl/e3aka>

American Psychiatric Association. (2022). ¿Qué es la depresión? Recuperado a partir de <https://n9.cl/3r1sxj> (Última consulta: 16 de diciembre 2023)

American Psychological Association (2019). *Clinical practice guideline for the treatment of depression across three age cohorts*. Recuperado a partir de <https://www.apa.org/depression-guideline>

Aparicio, D. (2022). DSM-5-TR: De qué se tratan las actualizaciones recientes del DSM-5. *Psyciencia*. Recuperado a partir de <https://n9.cl/xlz62> (Última consulta: 28 septiembre 2023)

Arango, J. (2000). Las migraciones internacionales 2000. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 165, 33 - 47. Recuperado a partir de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000123852_spa/PDF/123852spa.pdf.multi

Arango, J. (2003). La explicación teórica de las migraciones: Luz y sombra. *Migración y desarrollo*, (1). Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/pdf/660/66000102.pdf>

Arango, J. (2007). *Las migraciones internacionales en un mundo globalizado*. Recuperado a partir de http://insyde.org.mx/pdf/movilidad-humana/arango_2007_las_migraciones_internacionales.pdf

- Bastienier, A. y Dassetto, F. (1990). *Immigrations et nouveaux pluralismes. Une confrontation de sociétés*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael
- Beck, A. (1995). *Cognitive therapy: basics and beyond*. New York: Guilford Press
- Bordignon, N. (2005). El desarrollo psicosocial de Eric Erikson. El diagrama epigenético del adulto. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(2), 50 - 63. Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520210.pdf> (Última consulta: 13 de octubre 2023)
- Boeree, C. (2005). Teorías de la personalidad. Recuperado a partir de <https://webpace.ship.edu/cgboer/eriksonesp.html> (Última consulta: 10 de octubre 2023)
- Borja, R. (1997). Xenofobia, en *Enciclopedia de la política*, tomo II: H-Z. Recuperado a partir de <https://docplayer.es/33482848-Enciclopedia-de-la-politica-tomo-ii-h-z-rodrigo-borja.html>
- Corbin, J. A. (2017, Febrero). Los 16 tipos de discriminación (y sus causas). *Portal Psicología y Mente*. Recuperado a partir de <https://n9.cl/ctan> (Última consulta: 7 de diciembre 2023)
- Eddy Ives, L. S. (2014). La identidad del adolescente. Cómo se construye. *ADOLESCERE Revista de formación continuada de la Sociedad Española de Medicina de la Adolescencia*, 2(2), 14 - 18. Recuperado a partir de <https://www.adolescenciasema.org/usuario/documentos/Adolescere%20Volumen%20II-2%20v5.pdf#page=14>
- Eresta, M. (2007). La inserción de los adolescentes latinoamericanos en España: algunas claves. *Observatorio de la infancia*, (4), 19 - 30. Recuperado a partir de <https://observatoriodelainfancia.mdsocialesa2030.gob.es/documentos/InsercAdolesLatinos.pdf>
- Erikson, E. (1980). *Identidad, juventud y crisis*. Buenos Aires: Paidós.
- Erikson, E. (2004). *Sociedad y adolescencia* (19a ed.). México: Siglo XXI.
- Fernández-Rufete Gómez, J. y Rico Becerra, J.I. (2005). El impacto demográfico de la inmigración ecuatoriana en la región de Murcia. Análisis del perfil poblacional y sociodemográfico del colectivo de inmigrantes ecuatorianos (CIE) en las comarcas murcianas del Alto y Bajo Guadalentín. Murcia: Universidad Católica San Antonio. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=268699> (Última consulta: 28 de noviembre 2023)
- Gaete, V. (2015). Desarrollo psicosocial del adolescente. *Revista chilena de pediatría*, 86(6), 436 - 446. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.07.005> (Última consulta: 10 de octubre 2023)
- García Alonso, A. (2009). La depresión en adolescentes. *Revista de estudios de juventud*, (84), 85 - 104. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3106687>
- García Ballesteros, A., Jiménez Basco, B. y Redondo González, A. (2009). La inmigración latinoamericana en España en el siglo XXI. *Investigaciones geográficas*, (70), 55 - 70. Recuperado a partir de <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n70/n70a4.pdf> (Última consulta: 29 de noviembre 2023)
- García, S. R. (2011). Trastornos ansiosos y depresivos en adolescentes. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 22(1), 77 - 84. Recuperado a partir de <https://n9.cl/nohv2> (Última consulta: 6 de diciembre 2023)
- Gómez, J. (2010). La migración internacional: Teorías y enfoques, una mirada actual. *Semestre Económico*, 13(26), 81 - 99. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v13n26/v13n26a5.pdf>
- González Arratia López Fuentes, N. I., & Valdez Medina, J. L. (2012). Optimismo-pesimismo y resiliencia en adolescentes de una universidad pública. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 19(3), 207-214. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10423895002.pdf> (Última consulta: 8 de diciembre 2023)
- Guillén de Romero, J. C., Menéndez Menéndez, F. G. y Moreira Chica, T. K. (2019). Migración: Como fenómeno social vulnerable y salvaguarda de los derechos humanos. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 25, 281 - 294. Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28065583018>
- Heerlein, A. (2002). Tratamientos farmacológicos antidepresivos. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 40(1), 21 - 45. Recuperado a partir de <https://n9.cl/wblij> (Última consulta: 6 de diciembre 2023)
- Lotero-Echeverri, G. y Pérez, M. (2019). Migraciones en la sociedad contemporánea: Correlación entre migración y desarrollo. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9(17), 145 - 159. Recuperado a partir de <https://n9.cl/a37pj> (Última consulta: 18 de octubre 2023)
- Marín Gonzáles, J. (2003). Las "razas" biogenéticamente, no existen, pero el racismo sí, como ideología. *Revista Diálogo Educativo*, 4(9), 1 - 7. Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/pdf/1891/189118067008.pdf> (Última consulta: 7 de diciembre 2023)
- Márquez, S. (1995). Beneficios psicológicos de la actividad física. *Revista de Psicología General y Aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*, 48 (1-2), 185 - 206. Recuperado a partir de <https://n9.cl/tl0by> (Última consulta: 20 de noviembre 2023)

Martínez Buján, R. (2003). La reciente inmigración latinoamericana a España, serie Población y desarrollo, N° 40 (LC/L.1922-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: 03.II.G.76. Recuperado a partir de <https://n9.cl/kbnbm> (Última consulta: 30 de noviembre 2023)

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2014). Guía de Práctica Clínica sobre el Manejo de la Depresión en el Adulto. Guías de Práctica Clínica en el SNS. Recuperado a partir de https://portal.guiasalud.es/wp-content/uploads/2023/05/gpc_534_depresion_adulto_avalat_compl-1.pdf (Última consulta: 24 de octubre 2023)

Musitu, G., Buelga, S., Lila, M. y Cava, M. J. (2001). Familia y adolescencia. Madrid: Síntesis

Sibony, D. (1997). Le racisme ou la haine identitaire. París: Christian Bourgois.

Pereira, R. (2012). Adolescentes en el siglo XXI: Entre impotencia, resiliencia y poder. España: Ediciones Morata.

Ramos, A. J., Vázquez-Barquero, J. L. y Herrera, S. (2002). CIE-10 (1): Introducción, historia y estructura general. Papeles Médicos, 11(1), 24 - 35. Recuperado a partir de <https://n9.cl/vsxl9>

Real Academia Española. (s.f.). Adolescencia. En Diccionario de la lengua española. Recuperado a partir de <https://n9.cl/sb201> (Última consulta: 16 de diciembre 2023)

Real Academia Española. (s.f.). Depresión. En Diccionario de la lengua española. Recuperado a partir de <https://n9.cl/niich> (Última consulta: 16 de diciembre 2023)

Real Academia Española. (s.f.). Identidad. En Diccionario de la lengua española. Recuperado a partir de <https://n9.cl/7mrgu> (Última consulta: 17 de diciembre 2023)

Real Academia Española. (s.f.). Migración. En Diccionario de la lengua española. Recuperado a partir de <https://n9.cl/5o70s> (Última consulta: 16 de diciembre 2023)

Salas Luévano, M. (2009). Migración y feminización de la población rural, 2000-2005: El caso de Atitanac y La Encarnación, Villanueva, Zacatecas. [Tesis de Doctorado en Ciencia Política, Universidad Autónoma de Zacatecas]. Biblioteca virtual de Derecho, Economía, Ciencias Sociales y Tesis Doctorales. Recuperado a partir de <https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2013/mlsl/mlsl.pdf>

Sanz, J. y Vázquez, C. (1998). Fiabilidad, validez y datos normativos del inventario para la depresión de Beck. Psicothema, 10(2), 303 - 318. Recuperado a partir de <https://n9.cl/30ah8> (Última consulta: 26 de octubre 2023)

Shaffer, D. (2009). Teorías clásicas del desarrollo social y de la personalidad. Desarrollo social y de la personalidad, 40 - 73. México: Thomson. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10637/2171>

Simmel, G. (1988): Sociología II. Barcelona: Edicions 62.

Suárez-Orozco, C. (2000). Identities under siege. Immigration stress and social mirroring among the children of immigrants, en Robben, A. y Suárez-Orozco, M. (Eds.). Cultures under siege. Social violence and trauma, 194 - 226. Recuperado a partir de <https://psycnet.apa.org/record/2000-16315-006>

Torres, F. (2012). La inserción de los inmigrantes: Luces y sombras de un proceso. Madrid: Talasa Ediciones.

12. ANEXOS

12.1. Anexo 1

INSTRUMENTO	ÍTEMS	CARACTERÍSTICAS	PUNTO DE CORTE
Zung Self-Rating Depression Scale	20	Cuantifica la frecuencia de los síntomas de depresión en 20 ítems. Los síntomas relacionados con el conocimiento y con el cuerpo tienen gran peso	50
Center for Epidemiologic Studies Depression Rating Scale (CES-D)	20	Detecta casos de depresión basándose en la sintomatología que sufre el paciente durante la última semana.	16

Figura 16. Otros cuestionarios autoaplicados para la evaluación de la depresión. Fuente: adaptado de *Guía de Práctica Clínica sobre el Manejo de la Depresión en el Adulto*, del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2014.

12.2. Anexo 2

POBLACIÓN	ESPAÑA	LATINOAMÉRICA	OTROS
POR LUGAR DE NACIMIENTO	40 113 294	2 298 787	3 745 741
PORCENTAJE	86,9 %	4,98 %	8,12 %

Figura 17. Población residente en España por lugar de nacimiento. Fuente: adaptado de La inmigración latinoamericana en España en el siglo XXI, de A. García Ballesteros, B. Jiménez Basco y A. Redondo González, 2009.

12.3. Anexo 3

Cuestionario para adolescentes españoles e hispanoamericanos - test de depresión. Consultar en el enlace.....

12.4. Anexo 4

Adolescentes españoles																							
Persona	Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Total
1	1	1	3	3	0	2	1	1	1	3	1	1	0	2	1	3	0	1	2	1	0	0	27
2	2	0	3	0	3	1	0	2	2	1	0	1	1	1	3	1	1	1	0	0	0	1	22
3	3	0	3	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0	16
4	4	0	0	1	1	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	14
5	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
6	6	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	1	2	3	1	2	1	0	0	0	0	14
7	7	1	3	0	3	0	2	1	0	1	1	1	1	0	1	1	3	2	3	0	0	0	24
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10	10	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	7
11	11	0	3	0	1	0	0	2	1	0	1	1	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0	15
12	12	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	7
13	13	2	0	0	0	2	3	2	1	0	0	1	2	2	0	1	1	0	3	0	1	0	21
14	14	0	0	1	0	1	0	2	2	0	2	0	1	1	3	2	1	0	2	0	2	0	20
15	15	0	0	1	1	1	2	0	0	1	1	2	0	1	1	2	0	0	1	1	0	0	16
16	16	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	6
17	17	0	3	0	1	0	0	1	0	1	3	2	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	17
18	18	2	1	1	1	1	3	2	2	1	3	1	1	1	3	2	1	1	1	1	2	0	31
19	19	1	1	2	0	0	1	1	1	0	1	1	0	2	0	0	1	1	1	0	1	0	15
20	20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
21	21	2	3	1	1	1	0	1	1	0	3	1	1	0	2	2	0	1	0	0	0	2	22
22	22	2	0	3	1	0	0	1	1	0	3	1	1	0	3	1	2	0	2	0	0	0	21
23	23	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1	1	3	0	0	0	0	0	13
24	24	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	11
25	25	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	7
26	26	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
27	27	0	3	1	2	0	0	1	1	0	0	2	1	2	0	2	0	0	0	0	0	2	17
28	28	0	0	1	0	1	0	1	1	0	2	1	0	3	0	0	0	1	2	0	0	0	13
29	29	2	0	2	2	1	0	3	1	0	3	1	1	1	3	1	0	3	2	0	0	0	26
30	30	0	0	1	0	2	1	0	1	0	2	0	2	0	2	1	1	1	0	1	0	1	17
31	31	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	9
32	32	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	13
33	33	2	0	1	0	1	0	1	1	1	3	0	0	1	1	1	0	1	2	0	0	0	16
34	34	0	3	0	3	0	0	2	2	1	3	2	0	3	3	2	0	2	0	0	0	0	26
35	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
36	36	2	1	0	0	1	1	0	1	1	0	3	2	1	0	0	0	2	1	0	2	1	25
37	37	2	1	0	0	2	1	0	3	1	3	1	1	2	1	2	1	1	1	0	2	0	25
38	38	2	0	1	1	2	1	1	1	0	1	2	0	2	1	1	0	2	0	0	1	1	19
39	39	0	0	1	0	1	0	0	0	3	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	10
40	40	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	1	1	0	0	0	0	8
41	41	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
42	42	0	0	2	0	2	0	1	2	0	0	0	1	1	2	0	1	3	0	0	3	0	18
43	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	44	0	0	1	1	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	12
45	45	2	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	11
46	46	2	0	0	0	1	0	0	3	1	0	1	0	0	3	1	2	1	0	0	0	0	15
47	47	0	0	2	1	0	2	3	1	0	0	0	0	0	3	1	1	3	1	0	0	0	19
48	48	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	9
49	49	2	0	2	3	3	1	1	3	0	2	3	1	3	1	3	1	0	0	0	2	0	31
50	50	1	1	0	2	0	0	2	0	0	0	2	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	12
51	51	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	1	3	1	13
52	52	3	3	1	2	2	1	2	2	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	2	0	41
53	53	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
54	54	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
55	55	0	2	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	2	0	1	0	0	1	3	0	18
56	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
57	57	3	2	3	3	1	0	3	1	3	3	1	3	2	3	1	1	2	0	2	2	3	42
58	58	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
59	59	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
60	60	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
61	61	0	0	0	1	1	0	0	3	0	0	1	1	3	1	0	0	0	1	0	0	0	12
62	62	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	3	7	
63	63	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	11
64	64	1	0	0	1	1	0	2	3	2	3	1	1	2	0	0	1	0	2	0	0	0	20
65	65	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	9
66	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	67	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	1	0	3	0	0	0	0	13
68	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
69	69	1	1	3	1	1	1	2	3	0	1	3	0	1	1	1	1	0	0	0	3	24	
70	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	71	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	6
72	72	2	0	1	1	1	3	1	1	0	3	2	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	20
73	73	0	0	2	0	0	0	0	2	0	3	0	2	1	0	2	2	1	0	0	0	0	15
74	74	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	2	1	3	1	2	0	1	0	0	1	15
75	75	2	1	0	2	0	3	0	0	1	3	2	2	0	1	2	1	1	0	1	0	1	23
76	76	2	1	3	1	1	0	3	2	2	2	0	1	2	3	3	0	0	3	1	3	0	33

◀ **Tabla 1.** Resultados de los adolescentes españoles en el primer cuestionario (test de depresión). Fuente: elaboración propia.

Adolescentes hispanoamericanos																							
Persona	Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Total
1	1	2	3	0	3	2	0	2	3	0	0	0	2	1	2	1	0	2	0	0	0	0	23
2	2	1	3	2	1	2	3	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	2	1	30

12.5. Anexo 5

Cuestionario sobre proceso de adaptación para hispanoamericanos.

Cuestionario

¡Hola! Soy Brenda Gonzales de 2º de Bachillerato y, en esta ocasión, estoy haciendo una encuesta sobre el estado emocional de jóvenes nacidos en Latinoamérica y el cambio de su estado emocional ocasionado por la migración. Agradecería mucho que contestes a estas preguntas con total sinceridad ya que este cuestionario es totalmente anónimo. Muchas gracias de antemano por tu participación.

brenda.gonzales1@educa.madrid.org [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

¿Cuánto tiempo llevas residiendo en España? *

- Menos de 1 año
- 1-2 años
- 3-5 años
- 6 años o más

¿Tu núcleo familiar vive contigo? (madre, padre, hermanos) *

- Sí
- No
- No todos

¿A menudo echas de menos a los familiares que continúan residiendo en tu país de origen? *

- Sí, todos los días estoy triste por ellos.
- No, con los que estoy me encuentro bien.
- Casi siempre, pero no afecta en mi estado de ánimo diario.

¿Sientes que tu estado emocional ha empeorado? *

- Sí, me siento triste y sin ganas todos los días.
- Sí, pero hago lo posible por salir adelante.
- No sabría decir.
- No, me encuentro bastante bien.

¿Ha empeorado tu relación con tus familiares desde que vives en España? *

- Sí
- No
- No sabría decir.

¿Cuáles son los pensamientos que sueles tener con más frecuencia? *

- Me gustaría regresarme a mi país.
- Siento que mi futuro no está aquí.
- Disfruto mucho de los momentos y experiencias que estoy creando en España.
- Otro: _____

¿Sientes que la opinión que tenías sobre tu apariencia ha cambiado? *

- No, siempre he pensado que estoy bien tal y como estoy.
- Sí, me encuentro menos atractivo(a) desde que vivo en España.
- No sabría decir.

¿Has recibido algún tipo de discriminación en España por tu acento, apariencia o costumbres? *

- Sí
- No

Si tu respuesta anterior fue sí, ¿Cómo te sentiste a partir de ello?

- Sensación de que no pertenezco aquí.
- No le di mucha importancia.
- Me sentí mal, pero solo me afectó en ese momento.
- Otro: _____

Por último, me gustaría saber cómo te encuentras actualmente, si has tenido una buena adaptación a "tu nueva vida" y cuáles son las complicaciones que has tenido en ese proceso. Recuerda que tu respuesta se mantendrá anónima, así que siéntete libre de decir todo lo que sientes respecto a lo que significó para ti dejar tu país y si te ha afectado hasta el día de hoy.

Tu respuesta _____

Enviar

Borrar formulario

12.6. Anexo 6

Respuestas de los adolescentes hispanoamericanos a la pregunta 10 del cuestionario sobre su proceso de adaptación.

Pregunta 10: Por último, me gustaría saber cómo te encuentras actualmente, si has tenido una buena adaptación a "tu nueva vida" y cuáles son las complicaciones que has tenido en ese proceso. Recuerda que tu respuesta se mantendrá anónima, así que siéntete libre de decir todo lo que sientes respecto a lo que significó para ti dejar tu país y si te ha afectado hasta el día de hoy.

1. A pesar de que aun sigo adaptándome a vivir aquí, extraño mucho como eran las cosas cuando vivía en mi país (familia, amigos, etc.). Siento que no pertenezco ni aquí ni allá, es como un limbo. Aún me sigue afectando el haber dejado mi país, pero debo terminar mis estudios aquí aunque me desanime por las notas.
2. Extraño a mis padres todos los días.
3. La verdad no significó nada más que un cambio a mejorar, no me afectó tanto como a muchos que conozco.
4. En toda la vida esta es mi mejor adaptación.
5. Actualmente me encuentro bien. Mi adaptación está siendo perfecta y no me arrepiento de nada. El primer año entré en depresión por familias y amigos, pero luego seguí adelante y ahora estoy bien. He asumido que tengo una nueva vida.
6. Me voy a casar el año que viene.
7. La verdad es que he sentido un cambio súper grande en las personalidades de mis amistades. Son completamente diferentes a las de los latinoamericanos, pero también es cierto que eso me ha ayudado a expandir mi mente en ciertos aspectos. No me siento mal por ello, es todo lo contrario. Aún así, extraño a mis amigos de donde vengo porque siento que hay mucho más lazos e historia que con mis amigos actuales.
8. A día de hoy sigo sintiéndome mal, sigo sin encontrar mi lugar aquí y me siento perdida. Con frecuencia anhelo volver a mi país, sin embargo, sé que mi futuro aquí será mejor. Día a día lucho por mantenerme firme y no derrumbarme, por más difícil que sea. Siempre con mi país en alto, recordando mis raíces y con la mirada puesta en mi futuro en este país.
9. Me gusta mi vida en España y me he adaptado bastante bien. Si tuviese la oportunidad de elegir si venir otra vez, lo haría.
10. En mi caso, tuve que salir huyendo de mi país, tuve que dejar mi casa, mis cosas, mis recuerdos, y lo más importante, mi familia. Sabía que si no nos permitían la entrada a España, nos quedaríamos en la calle sin dinero. Al llegar a este país, tuve una lenta y difícil adaptación después de más de 4 años viviendo aquí. Todavía sigo sin poder adaptarme por completo, es algo que siempre va a afectar de alguna manera a mi estado emocional. Siempre voy a sentir esa sensación de no pertenecer a ningún lugar. Es algo difícil, pero una vez conoces gente con la que te sientes a gusto y dejas de tomar tanta importancia a los comentarios malos, terminas acostumbrándote. Por eso mismo disfruto vivir aquí, tengo a mi familia más unida que antes, tengo amigos, tengo pareja, y ha sido difícil pero yo siento que valió la pena y puedo decir que soy feliz.
11. Uno está acostumbrado a su familia, al ambiente que lo rodea. A veces choca, pero la gente nueva da buena vibra y eso es lo bueno.
12. La verdad es que me siento muy bien aquí.
13. Me afectó un poco al principio por mi familia que se quedó y por los amigos que tenía, pero ahora estoy un poco más feliz porque aquí tengo nuevas oportunidades.
14. Actualmente, me gusta mi vida en España, pero a veces no puedo evitar ponerme triste al pensar en la familia y amistades que dejé allá. Hay días en los que siento que no pertenezco aquí, pero por el tiempo que llevo en España, tampoco siento que pertenezca a mi país de origen. Sí es verdad que hay días en los que me gustaría volver, pero también sé todo el esfuerzo que hicieron mis padres para dejar su país y yo pueda tener un futuro mejor, así que solo me doy ánimos a mi misma para que ellos se sigan sintiendo orgullosos de mí.
15. Al final he vivido aquí toda mi vida así que no he vivido al 100% el proceso de adaptación
16. Estoy muy acostumbrada a los cambios y me adapto fácilmente, por lo cual no me generó un impacto.
17. Que España Sí es un país racista.
18. En verdad, el venir a España me afectó muy poco porque me vine apenas acabar infantil. Me acuerdo de muy pocas cosas: cómo me sentía al principio, qué costumbres extrañaba, etc. Me sentía algunas veces triste porque no estaba en el colegio al que siempre fui y al que fue toda mi familia. Extrañaba mucho a mis perritos, mi casa, que era muy grande con habitaciones grandes, todos mis juguetes y mi país en general. Al final, me fui integrando, aceptando y conformándome con las cosas que tenía, empecé a conocer a gente y a día de hoy sigo siendo amiga de varias personas que recién conocí en primero de primaria. Es verdad que hay veces en las que pienso qué hubiese pasado si nunca hubiese emigrado de mi país, Venezuela, aunque es difícil decir con certeza lo que hubiese ocurrido porque aún era muy pequeña. Sigo extrañando a muchos familiares míos y a mis mascotas, que siguen vivas después de mucho tiempo. Espero que en unos años las cosas mejoren y pueda regresar al menos de vacaciones.
19. Cuesta bastante el adaptarse a esta nueva vida, pero se que

- es lo mejor para mi futuro.
20. Dejé a mi padre y a toda mi familia al venir a España, después de que mi madre llevase aquí 10 años. Mi adaptación no fue muy buena ya que sufrí bullying por parte de compañeros de clase durante bastante años, pero ahora mismo todo está bien y por suerte me conseguí adaptar.
 21. Ninguna, todo está bien.
 22. Me siento bien. A veces me da mucha tristeza, pero siento que es un proceso largo el de adaptación.
 23. Pues me siento bien al estar cerca de mi núcleo familiar pero luego veo el exterior y no me siento parte del país, se me hace muy difícil adaptarme
 24. Estoy en un dilema cultural, los chistes racistas ya no me afectan y es más, hasta me hacen reír.
 25. Fue difícil al principio, pero tuve una gran compañía para adaptarme y ahora me siento muy bien aunque en ocasiones echo de menos mi país.
 26. Pues ahora mismo me encuentro bien, pero hay momentos en los que ya se me hace pesado.
 27. Realmente estoy muy bien y sé que en mi país no viviría tan bien como aquí, así que no tengo ningún tipo de queja o algo relacionado.
 28. Al principio fue difícil, ahora estoy bien.
 29. Me siento muy mal y me gustaría regresar a mi país. Siento que me excluyen de varias cosas y me paran diciendo cosas feas tanto chicos de mi edad como personas adultas.
 30. Es cierto que toda mi vida ya está en España: estudios, trabajo, vida social y etc; pero siento que el lugar en el que me siento más cómoda es en mi país. No es lo mismo vivir aquí toda tu vida social, cuando a doce horas en avión están tus familiares con una situación diferente y de un día a otro pueden desaparecer.
 31. Me he sentido bien con respecto a ello, fue un proceso rápido para mí. El cambio de país me abrió la mente respecto a cómo percibía España antes.
 32. La adaptación ha sido abrumadoramente positiva. Cabe mencionar que soy una persona a la que no le cuesta adaptarse a nuevos ambientes, por lo que empezar a vivir en España fue para mí una oportunidad de conocer un “nuevo mundo”.
 33. Estoy de lujo.
 34. Yo llevo casi toda mi vida en España, por lo tanto me siento bastante adaptada. Aún así, hay ocasiones en las que siento que no pertenezco aquí, y he recibido comentarios discriminatorios, sobre todo cuando era más pequeña. A veces cuesta adaptarse estando lejos de tus raíces, pero actualmente me siento muy conectada con ambas culturas en diferentes aspectos. No me va mal.
 35. Me ha costado entablar nuevas relaciones y hacer mi vida aquí.
 36. Ha sido un proceso realmente complicado en el cual han habido muchos altibajos, pero por más complicaciones que existan, disfruto mucho de esta experiencia. He tenido bastantes problemas con la diferencia de estudios en cuanto a mi país natal y a España, ya que han habido asignaturas que no había visto de esta manera. A pesar de ello, me he sabido adaptar bastante bien.
 37. No he tenido una buena adaptación ya que me ha costado mucho adaptarme a las costumbres de aquí. Extraño demasiado a mi familia, mi casa y mi país.
 38. Bueno, trato de adaptarme a las circunstancias de la vida, espero que no me afecte en mi vida diaria.
 39. Difícil, pero estoy llevándolo bien.
 40. Desde que vine a España tengo una relación difícil con la comida y a veces siento que no encajo con las personas con las que interactúo. La escuela es horrible, mis compañeros de clase me ignoran y estoy siempre sola. Sólo me siento bien cuando estoy en casa.
 41. Me estoy adaptando bastante bien a España y tengo a las personas más importantes de mi familia conmigo. Aún así, hay veces en las que siento que no encajo del todo y que la gente de aquí me está recordando todo el tiempo que no soy como ellos. No es algo que me avergüence, pero siento que ellos lo hacen para menospreciar o para burlarse de mí. Es más raro aún si los que lo hacen son mis supuestos amigos, siento que nunca me verán como un igual.
 42. Actualmente estoy bien. El proceso de integración en España ha sido largo y podría decir que aún estoy en ello. Al principio me costó mucho comunicarme con la gente porque no entendían mis expresiones y tuve que cambiar mi forma de hablar. Estuve así durante dos años porque solo conocí a españoles, pero cuando conocí a más gente latina, me sorprendió que varios de ellos siguieran hablando con sus respectivos acentos. Me gustó mucho eso y me sentí mal por haber perdido el mío. Desde ese entonces, me propuse recuperarlo y hablar con mis propias palabras, si no me entienden intento explicarlo, pero ya no me avergüenzo por hablar distinto.
 43. Aunque me he adaptado bien, echo mucho de menos estar como antes, en Colombia con toda mi familia y amigos de siempre.

**Análisis del rendimiento de golpeo plano
y topspin en el tenis de mesa utilizando
dos raquetas con diferente forma.**

Mario Hidalgo Herrero

Tutor: Daniel Capote Gómez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Daniel Capote por la ayuda, esfuerzo y tiempo prestado para la realización de este trabajo.

También agradecer a mi familia por todo el apoyo brindado durante la realización del trabajo.

Agradecer a mis profesores de 1º y 2º de bachillerato por haberme ayudado siempre que lo he necesitado, y sobre todo a mi tutora de 1º Pinar, y a mi tutor de 2º Eugenio quienes me han estado apoyando durante todo el proceso.

*A todo mis compañeros del club de tenis de mesa Collado Mediano por la ayuda para la realización del estudio, y en especial a mis entrenadores
Jaime Morata y Daniel Bailón.*

Y por último, agradecer el apoyo brindado por mis compañeros de clase durante todo el trabajo.

ÍNDICE

1. RESUMEN	198
2. ABSTRACT	198
3. INTRODUCCIÓN	199
4. JUSTIFICACIÓN	199
5. MARCO TEÓRICO	200
5.1.EL TENIS DE MESA	200
5.2.MADERAS	201
5.3.GOMAS	203
5.4.GOLPES	203
6. OBJETIVOS	205
7. METODOLOGÍA	205
8. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS	206
8.1.RECOGIDA DE DATOS	207
8.2.ANÁLISIS DE DATOS	210
9. DISCUSIÓN	212
10. CONCLUSIÓN	213
11. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	213
12. BIBLIOGRAFÍA	213
13. ANEXOS	214

1. RESUMEN

El tenis de mesa es un deporte que poca gente practica en España. Sin embargo, con el paso de los años el deporte ha ido evolucionando y se han creado nuevas formas, materiales y propiedades para las raquetas. La realización de este trabajo pretende demostrar que la forma de la raqueta influye de forma notable en la realización de los tipos de golpes (plano, top-spin) en el tenis de mesa.

El tenis de mesa se inició en 1870 en Inglaterra, aunque no se profesionalizó hasta 1926 con la creación de la International Table Tennis Federation (ITTF). El deporte se practica en una mesa de 274 cm por 152,5 cm conforme a las reglas establecidas por la ya nombrada anteriormente International Table Tennis Federation (ITTF). En este deporte se enfrentan dos jugadores. Para jugar se necesita una pelota y cada jugador debe llevar su propia raqueta. Las raquetas pueden tener cualquier tipo de forma y goma, siempre que cumplan las normas de la International Table Tennis Federation (ITTF).

Para ganar puntos los jugadores suelen utilizar tanto el golpe plano (para imprimir más fuerza en la pelota), como el golpe topspin (para imprimir efecto en la pelota).

Ambos golpes siguen una forma de ejecución básica, que se aprende a medida que se va mejorando en el deporte.

La introducción de una nueva raqueta hexagonal al mercado, en contraste con la convencional raqueta circular, nos motivó a indagar sobre cuál de ellas ofrece mayor precisión y velocidad en los golpes planos y topspin.

Las conclusiones más importantes derivadas de los resultados son que la raqueta circular tiene mejor sinergia entre precisión y velocidad. Esto es debido a que tiene un poco mejor precisión que la raqueta hexagonal y sus velocidades son muy similares.

Palabras clave: tenis de mesa, raqueta, golpe plano, golpe topspin, precisión, velocidad

2. ABSTRACT

Table tennis is a sport that few people practice in Spain. However, over the years, the sport has evolved, leading to the creation of new forms, materials, and properties for rackets. The purpose of this work is to demonstrate that the shape of the racket significantly influences the execution of different types of strokes (flat, top-spin) in table tennis.

Table tennis originated in 1870 in England, although it did not professionalize until 1926 with the establishment of the International Table Tennis Federation (ITTF). The sport is played on a table measuring 274 cm by 152.5 cm, following the rules established by the aforementioned International Table Tennis Federation (ITTF). Two players face each other. To play, a ball is needed, and each player must have their own racket. Rackets can take any shape and rubber as long as they comply with the rules of the International Table Tennis Federation (ITTF).

To score points, players often use both the flat stroke (to impart more force on the ball) and the topspin stroke (to impart spin on the ball). Both strokes follow a basic execution form that is learned as one improves in the sport.

The introduction of a new hexagonal racket to the market, in contrast to the conventional circular racket, prompted us to investigate which of them offers greater precision and speed in flat and topspin strokes.

The most significant conclusions drawn from the results are that the circular racket has better synergy between precision and speed. This is because it has slightly better precision than the hexagonal racket, and their speeds are very similar.

Keywords: table tennis, racket, flat stroke, topspin stroke, precision, speed

3. INTRODUCCIÓN

El tenis de mesa es un deporte muy rápido para el que se requiere de muchos reflejos y agilidad visual. En el ámbito de la competición, el sistema visual es un factor muy importante ya que si dos atletas similares se enfrentan en competición y uno tiene un sistema visual mejor entrenado, el atleta con el sistema visual mejorado rendirá mejor (Loran & Griffiths, 2001).

En apoyo a lo mismo, (Quevedo et al. ,1999) el entrenamiento visual deportivo es concebido como un conjunto de técnicas dirigidas a preservar y mejorar la función visual. El objetivo de este entrenamiento es aumentar el rendimiento deportivo. Esto se consigue a través de un proceso que involucra la enseñanza del comportamiento visual, requerido en la práctica de diferentes actividades deportivas.

En el ámbito deportivo podemos observar lo importante que es la velocidad de reacción en el tenis de mesa. Si observamos los datos del Campeonato de España de 2020, podemos ver que se hacen una media de ocho golpes entre los dos jugadores. El intercambio de golpes dura un promedio de 3,8 segundos, donde cada golpe se hace cada 0,4 segundos, haciendo que se den más de dos golpes a la pelota por segundo (Minutos, 2020). Como se puede observar con los datos, la duración de los puntos es muy reducida, lo que hace que la velocidad y la intensidad a la que se producen los puntos sea muy alta. De ahí la importancia de tener una buena agilidad visual para reaccionar rápidamente y poder devolver la pelota.

El tiempo efectivo de juego de un partido es de 4 minutos y 14 segundos, aunque el partido dura realmente unos 56 minutos. El tiempo efectivo de juego solo representa el 7,61% sobre el tiempo del evento (Minutos, 2020).

Por lo que respecta al material deportivo, cuando se creó el deporte se utilizaban tablas de madera para crear las raquetas. Con el paso del tiempo, se acabaron diseñando dos tipos de raquetas: raquetas de madera con goma, que son las que se utilizan actualmente, y raquetas de aluminio con cuerdas. Existen muchos tipos de maderas y de gomas, con las que puedes crear el tipo de raqueta que más se ajuste a tu juego.

Las raquetas con las que se juega actualmente están hechas por capas de madera. Existen diferentes tipos, pero nosotros nos centramos principalmente en las maderas con las que están hechas las raquetas que vamos a utilizar. Entre ellas se encuentran la madera limba, la madera ayous y la madera italiana.

Dependiendo del tipo de madera con el que esté hecha la raqueta podremos obtener un mayor rendimiento. Si nuestra raqueta tiene los materiales adecuados, nos ayudará a realizar golpes con mayor efecto, velocidad, precisión, lo que es muy importante para sobreponernos al oponente en el juego. A su vez, aunque nuestro rival tenga un mejor sistema visual, si nosotros tenemos una raqueta con mejores materiales deberíamos poder sobreponernos a su juego, ya que debido a las limitaciones de su raqueta no podrá sobreponerse al nuestro. Es por esto que es tan importante el material con el que está hecha nuestra raqueta.

4. JUSTIFICACIÓN

Elegimos hacer este trabajo debido a que llevo practicando tenis de mesa desde que tenía ocho años y es mi deporte favorito. En los últimos años, ha aparecido un nuevo tipo de pala con una forma diferente (forma hexagonal), existiendo jugadores y jugadoras que han decidido cambiar de raqueta y empezar a utilizarla en lugar de la raqueta con forma circular. El motivo principal de mi investigación es conocer las diferencias en el rendimiento de ambas raquetas y determinar cuál sería más recomendable según el estilo de juego de cada jugador.

Para obtener los datos del rendimiento, utilizaremos diferentes parámetros físicos para determinar qué raqueta es más precisa y cuál hace que la bola alcance más velocidad en un golpe técnico específico del tenis de mesa.

Es muy importante tener en cuenta que la pala hexagonal ha salido hace relativamente poco, por lo que hay muy poca gente que haya llevado a cabo investigaciones sobre sus características. Esto nos supone una mayor motivación y un mayor reto para poder lograr nuestro objetivo.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. EL TENIS DE MESA

HISTORIA

La historia del tenis de mesa comienza en Inglaterra en 1870. Surge cuando los jugadores de tenis no podían jugar debido a las condiciones meteorológicas. Por esto decidieron crear un nuevo tipo de tenis que se pudiese jugar dentro de casa, es decir, un juego de interior (De Cultura Física Y Deporte, n.d.). Así es como crearon el deporte. Cogieron una mesa, improvisaron la red utilizando libros y cuerdas, confeccionaron las palas a partir de dos tablas de madera y utilizaron una pelota de goma. Este marcó el inicio del primer juego de tenis de mesa en la historia.

A principios del siglo XX se fue desarrollando el tenis de mesa en ciertos países (Suecia, Francia, Países Bajos, Hungría, Alemania) hasta que en 1926 se crea la ITTF (International Table Tennis Federation).

Desde entonces se fue desarrollando poco a poco el tenis de mesa, hasta que se convirtió en deporte olímpico en 1988 en Seúl, las primeras medallas de oro fueron otorgadas a la jugadora china Chen Jing y al jugador coreano Yoo Nam-kyu (La Historia Del Tenis De Mesa - Cornilleau, n.d.-b).

CÓMO SE JUEGA AL TENIS DE MESA

El tenis de mesa tiene dos modalidades de juego, individual y dobles. Se juegan sets de once puntos, y en caso de llegar al empate a diez, uno de los jugadores deberá ganar por dos puntos de diferencia para llevarse el set. Las modalidades del deporte son al mejor de tres, cinco o siete sets por partido, aunque principalmente las competiciones se juegan al mejor de cinco.

El jugador que realiza el servicio cambia cada dos puntos. En caso de empate a diez puntos entre los dos jugadores, se pasará a cambiar de sacador cada punto. El saque, el resto y el lado de juego se deciden al principio de cada partido tirando una moneda a cara o cruz.

El deporte consiste en intentar hacer que tu rival no devuelva la pelota para así ir sumando puntos y poder ganar el partido.

En este deporte no hay un tiempo límite de partido.

Se puede jugar con cualquier tipo de vestimenta, menos con camiseta y pantalón blanco. Esto es debido a que se juega con una pelota que es blanca, por lo tanto si juegas con una camiseta blanca vas a impedir que tu rival vea la pelota con claridad.

Durante el partido puedes secarte el sudor con una toalla cada seis puntos y tienes un tiempo muerto que dura un minuto, que puedes utilizar cuando quieras.

CAMPO DE JUEGO

La red estará suspendida de una cuerda sujeta en cada uno de sus extremos a un soporte vertical de 15,25 cm de altura; el límite exterior de los soportes estará a 15,25 cm por fuera de las líneas laterales.

La superficie superior de la mesa, conocida como superficie de juego, será rectangular, con una longitud de 2,74 m y una anchura de 1,525 m, y estará situada en un plano horizontal a 76 cm del suelo (Reglamento técnico de juego real federación española, 2021-2022).



Figura 1. Mesa de juego de tenis de mesa. Fuente: <https://www.mesas-depingpong.net/wp-content/uploads/2017/10/Medidas-mesa-de-pingpong.png>

PELOTAS

La pelota será esférica, con un diámetro de 40 mm, deberá pesar 2,7 g y será de celuloide o de un material plástico similar, blanca o naranja, y mate (Reglamento técnico de juego real federación española de tenis de mesa, 2021-2022).



Figura 2. Pelota de tenis de mesa.
Fuente: <https://i.ebayimg.com/thumbs/images/g/ugQAAOSwTnlilD-Y/s-1225.webp>

5.2.MADERAS

La raqueta tiene que tener siempre una hoja rígida y plana. A partir de ahí puede tener cualquier tipo de forma, peso y tamaño. La hoja de la pala puede tener una parte reforzada por una capa adhesiva que puede estar hecha de diferentes materiales fibrosos (fibra de carbono, fibra de vidrio...), pero esta nunca podrá sobrepasar el 7,5% del grosor total. Aun así, el 85% de la hoja siempre será de madera natural.

Figura 3. Capas de una raqueta. Fuente: <https://acortar.link/pfNe92>



Para llevar a cabo nuestra investigación hemos seleccionado dos tipos diferentes de maderas. La primera una STIGA CYBERSHAPE (madera con forma hexagonal) y la segunda una BUTTERFLY PETR KORBEL OFFENSIVE (madera con forma circular). A continuación presentaremos las características de ambas maderas.

CARACTERÍSTICAS STIGA CYBERSHAPE (Raqueta Circular)

La Stiga Cybershape (raqueta hexagonal) está compuesta por 5 capas de madera italiana cuidadosamente seleccionadas que se han desarrollado para trabajar en sim-

biosis con varios tipos de gomas, con el fin de adaptarse a la mayoría de los estilos de juego (Cybershape Wood Table Tennis Blade | STIGA Sports, n.d.). Si utilizamos la madera con un tipo de gomas blandas y lentas, podremos alcanzar un mayor control en cada golpe, lo que nos ayudará a mejorar nuestra técnica poco a poco. En cambio si utilizamos un tipo de gomas más duras y rápidas, obtendremos una mayor velocidad y potencia en cada golpe.

Normalmente cuando se tiene poco nivel se suele empezar con gomas blandas y lentas y según vayamos mejorando vamos subiendo a gomas más duras y rápidas.



Figura 4. Madera Stiga Cybershape.
Fuente: https://malovtm.com/image/cache/catalog/10987_0-500x500.jpg

Algunas de las características principales de la madera son:

- Tiene un 11% más de superficie de golpeo que las raquetas en forma circular. Debido a esto tiene una mayor zona de golpeo, es decir, tiene mayor superficie de impacto a la pelota.

En la siguiente imagen observamos lo que acabamos de hablar en el párrafo anterior.

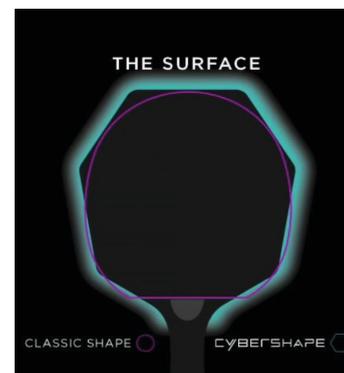


Figura 5. Comparación superficie de las raquetas Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT_RtnKD-BAiSYpoxAZgj9uXcU5NSmIQv-BUWwg&usqp=CAU

- Peso entre 75 g-85 g.
- Es una raqueta sensible con la que nos podemos adaptar a cualquier tipo de juego. Dependiendo de la situación en la que nos encontremos dentro de un partido, tendremos que adaptarnos a ellas para realizar los mejores golpes posibles. Esta raqueta nos brinda las características perfectas para adaptarnos a cualquier tipo de juego ya sea de mayor control, rapidez, efecto o precisión.
- Encontramos el punto óptimo de golpeo de la raqueta en la parte media superior. Este punto óptimo nos proporciona una mayor potencia y control en el golpeo de la pelota. Si golpeamos la pelota con esta zona, realizaremos golpes mucho mejores. En comparación con la raqueta circular su zona óptima de golpeo es mayor.

En la siguiente imagen observamos lo que acabamos de hablar en el párrafo anterior.



Figura 6. Comparación punto dulce de las raquetas Fuente: <https://tenisdemesa.pro/wp-content/uploads/2023/01/hexa-03-scaled.jpg>

CARACTERÍSTICAS BUTTERFLY PETR KORBEL OFFENSIVE MADE IN JAPAN (Raqueta Circular)

La raqueta **Butterfly Petr Korbel** está formada por cinco capas de madera que siguen la estructura limba,limba,ayous,limba,limba. La madera limba da una sensación suave y a la vez mucho control en cada golpe. Esta se en-

cuentra en las capas exteriores de la raqueta. La otra capa ayous está en el núcleo de la raqueta. En ella observamos muchas similitudes con la madera limba pero la madera ayous es mucho más rígida.

La simbiosis de los materiales de esta madera hacen que pueda adaptarse a cualquier tipo de juego (atacante, defensivo), ya que esta madera se puede utilizar independientemente de tu estilo de juego. Gracias a ello la raqueta puede trabajar con cualquier tipo de goma, ya sean gomas para ataque o gomas defensivas. Si utilizamos la madera con gomas blandas y lentas vamos a hacer un juego con mayor control en cada golpe, pero no jugaremos con gran velocidad. En cambio si utilizamos gomas más duras y rápidas obtendremos un mayor efecto y velocidad en cada golpe, pero perderemos un poco de control.

Si la raqueta se combina con gomas blandas es perfecta para gente que se inicia en el deporte. A la vez también es perfecta para gente avanzada que utiliza gomas más duras con esta raqueta.



Figura 7. Madera Petr Korbel. Fuente: https://en.butterfly.tt/media/catalog/product/cache/f85ccc2bdff640b75a4bdb2c4e86ccb6/b/l/blade_peter_korbel_fl_2_1.webp

Algunas de las características principales de la madera son:

- La zona de golpeo es menor que la de la pala hexagonal, haciendo más difícil el golpeo de la pelota.
- Peso entre 80 g-90 g
- Encontramos el punto óptimo de golpeo en la parte me-

dia de la raqueta. Este punto óptimo nos proporciona una mayor potencia y control en el golpeo de la pelota. Si golpeamos la pelota con esta zona realizaremos golpes mucho mejores. Esta zona óptima de golpeo es más pequeña que la de la pala hexagonal.

- Es una raqueta sensible con la que nos podemos adaptar a cualquier tipo de juego. Dependiendo de la situación en la que nos encontremos dentro de un partido, tendremos que adaptarnos a las condiciones de juego para realizar los mejores golpes posibles. Esta raqueta nos brinda las características perfectas para adaptarnos a cualquier tipo de juego ya sea de mayor control, rapidez, efecto o precisión.

5.3. GOMAS

En cuanto a las gomas utilizadas para la realización del experimento, utilizamos uno de los tipos de gomas más utilizado del mercado, es el conocido como thibar. Sus características nos proporcionan gran efecto y velocidad a la hora de golpear la pelota. Las gomas se diferencian unas de otras por el grosor, dirección y espacio entre los picos que llevan debajo, así como por su superficie, que puede ser más adherente o más elástica. También se diferencian teniendo en cuenta el tipo de esponja que utilizan, que se producen a varias temperaturas para aumentar sus prestaciones, y pueden ser blandas, medias, duras o más porosas. Cuanto más dura sea la esponja más velocidad podrá alcanzar la pelota. A su vez, cuanto más blanda sea la goma podremos obtener un mayor control. Se fabrican con varios grosores que determinan las principales características de velocidad, control y efecto de la goma.

En este caso utilizamos para ambas raquetas las gomas THIBAR EVOLUTION MX-P. Estas tienen como característica una superficie dura, que hace que la goma sea más rápida y pueda imprimir más velocidad. Este tipo de goma tiene mucha flexibilidad que ayuda a golpear la bola con mayor fuerza, y combina muy bien la velocidad y efecto que imprimimos en la bola. Con ella obtenemos muchísimo control en cada golpe y gracias a este control podemos obtener una mayor precisión.



Figura 8. Gomas MX-P Fuente: <https://cdnx.jumpseller.com/importadora/image/27063366/resize/298/350?1663170345>

5.4. GOLPES

En este trabajo vamos a trabajar con dos tipos de golpes: golpe plano y golpe topspin.

Golpe plano

Este golpe consiste en dar a la bola de una forma seca para que esta salga recta y sin efecto. El golpeo de la pelota se realiza delante o a la altura de nuestro cuerpo. Este tipo de golpeo se suele realizar cuando nos viene una bola muy alta o una bola a media altura. La función normalmente de este tipo de golpe es acabar el punto.

Para realizar este golpe seguimos una serie de pasos.

1. Ready position: Colocamos la cara de la pala abierta y a la altura de nuestro cuerpo. Observamos el lugar a donde queremos enviar la pelota.



Figura 9: Ready position en un golpe plano de derecha. Elaboración propia.

Figura 10: Ready position en un golpe plano de revés. Elaboración propia.

2. Backswing: Cargamos el brazo hacia atrás para coger impulso y fuerza para el golpeo de la pelota.



Figura 11: Backswing en un golpe plano de derecha.
Elaboración propia.

Figura 12: Backswing golpe plano de revés.
Elaboración propia.

3. Forward movement: Realizamos el golpeo de la pelota con una extensión del brazo, golpeando a la pelota en el punto más alto posible de su trayectoria y delante de nuestro cuerpo.



Figura 13: Forward movement en un golpe plano de derecha.
Elaboración propia.

Figura 14: Forward movement un golpe plano de revés.
Elaboración propia.

4. Follow through: Acabamos el golpe con el brazo extendido hacia delante y con la raqueta apuntando hacia la dirección que queremos enviar la pelota.



Figura 15: Follow through en un golpe plano de derecha.
Elaboración propia.

Figura 16: Follow through en un golpe plano de revés.
Elaboración propia.

Golpe topspin

Este golpe consiste en rozar la pelota para que la bola vaya liftada y con efecto. Cuando la bola bote en la mesa saldrá disparada hacia delante debido al efecto que lleva. El golpeo de la pelota se realiza delante o a la altura de nuestro cuerpo. Este tipo de golpe se suele utilizar cuando la bola va baja. Nuestra intención es hacer que la bola pase por encima de la red gracias al efecto que la hemos imprimido.

Para realizar este golpe seguimos una serie de pasos:

1. Ready position: Colocamos la cara de la pala más o menos con un ángulo de cuarenta y cinco grados. Observamos el lugar a donde queremos enviar la pelota.



Figura 17: Ready position en un golpe topspin de derecha.
Elaboración propia.

Figura 18: Ready position en un golpe topspin de revés.
Elaboración propia.

2. Backswing: Cargamos el brazo hacia atrás para coger impulso y fuerza para el golpeo de la pelota.

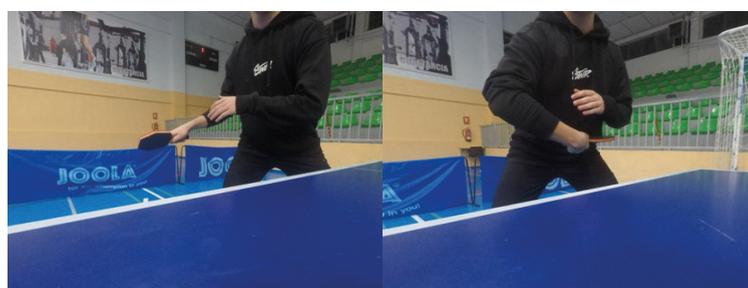


Figura 19: Backswing en un golpe topspin de derecha.
Elaboración propia.

Figura 20: Backswing en un golpe topspin de revés.
Elaboración propia.

3. Realizamos el golpeo de la pelota flexionando el antebrazo y golpeando la pelota en el punto más alto posible de su trayectoria.



Figura 21: Forward movement en un golpe topspin de derecha. Elaboración propia.

Figura 22: Forward movement en un golpe topspin de revés. Elaboración propia.

4. Acabamos el golpe con el brazo flexionado y con la raqueta apuntando hacia la dirección que queremos enviar la pelota.



Figura 23: Follow through en un golpe topspin de derecha. Elaboración propia.

Figura 24: Follow through en un golpe topspin de revés. Elaboración propia.

6. OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es determinar con qué tipo de raqueta se obtiene un mayor rendimiento deportivo. Este rendimiento deportivo depende de varios aspectos técnicos del deporte, que van en relación con las palas. Entre ellos se encuentran la velocidad y precisión. La hipótesis que nos planteamos fue si la pala con forma circular tendría más velocidad y precisión que la raqueta hexagonal, ya que esta última tiene características de un mayor control en la pelota. Para esto queremos analizar los dos tipos de raquetas. Con los datos obtenidos en nuestro análisis, trataremos de determinar qué tipo de raqueta es preferible utilizar en función del estilo de juego de cada jugador. Por ejemplo, si un jugador tiene preferencia por utilizar golpes con mayor

velocidad, es decir, golpes rápidos con menor precisión, le recomendaremos un tipo de raqueta dependiendo de los resultados del análisis. En cambio, si un jugador busca un tipo de juego con más precisión, es decir, golpes más lentos pero con mayor precisión, le recomendaremos un tipo de raqueta dependiendo los resultados del análisis.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todo lo explicado y expuesto anteriormente, los principales objetivos de este trabajo son:

- Determinar con qué tipo de raqueta se alcanza mayor velocidad.
- Determinar con qué tipo de raqueta se alcanza mayor precisión.
- Estudiar con qué raqueta hay mayor sinergia entre velocidad y precisión.
- Elegir a través de los datos obtenidos en el experimento qué tipo de raqueta se adecua mejor a cada estilo de juego.

7. METODOLOGÍA

Participantes

Participaron en el estudio diez jugadores, ocho de género masculino y dos de género femenino, todos contaban al menos con 2 años de experiencia en el deporte. Los niveles de los jugadores rondan entre categorías nacionales y territoriales, teniendo todos el nivel para realizar los golpes del estudio. Seis de los jugadores son jóvenes que rondan una edad media de 21 años, y cuatro jugadores son personas mayores que rondan una edad media de 52 años. Entre los 10 jugadores tienen una edad media de 33,4 años. Todos los jugadores fueron informados sobre el propósito del estudio y accedieron a participar voluntariamente.

Diseño

El estudio se realizó en un único día y en un polideportivo cubierto. Para realizar el estudio se utilizó una mesa donic waldner classic, con una red butterfly europa y pelotas naraq abs 40+ training pro (ver anexo 1). Para la recolección de los datos se utilizó una cámara gopro que se situó a una distancia en forma perpendicular a la mesa de 4 m y a una altura de 1,5 m. Las grabaciones se realizaron a una calidad de video 720p y 240fps y a una velocidad de grabación normal (x1). Las zonas de precisión se encontraban en las esquinas inferiores de la mesa en forma de cuadrado de 25cmx25cm.

Las raquetas utilizadas durante el estudio son la raqueta stiga cybershape (raqueta hexagonal) y la raqueta butterfly petr korbelt (raqueta circular), ambas raquetas con gomas thibar evolution mx-p (ver anexo 1). Se eligieron estas raquetas debido a que presentan características muy similares, pero a su vez tienen esa diferencia en la forma. Los golpes utilizados durante el estudio fueron el golpe plano de derecha y de revés, y el golpe topspin de derecha y de revés. Se realizaron cinco golpes de cada tipo con ambas palas. Elegimos este tipo de golpes ya que son de los más utilizados en los partidos.

Procedimiento

Los jugadores realizaron un calentamiento físico previo de diez minutos antes de realizar el estudio. Este se basaba en 90 m de trote suave, seguido de 90m más corriendo a un 60% de la capacidad de cada uno. Después de activar las piernas se realizaron ejercicios para activar las articulaciones del cuerpo (cadera, muñecas, codos, hombros, rodillas, cuello). A los cinco minutos de reposo del calentamiento físico, los jugadores realizaron un calentamiento en mesa de ocho minutos. Este trataba de calentar durante un minuto cada tipo de golpe con ambas raquetas. Tras dos minutos de reposo después del calentamiento en mesa se dispuso a la realización del estudio. Este constaba de 20 golpes seguidos con una raqueta, un descanso de 10 segundos para intercambiar las raquetas, y 20 golpes seguidos con la otra raqueta. El estudio se realizó de esta manera para que fuese lo más similar posible a una situación de partido. En el transcurso del estudio, se varió la raqueta utilizada inicialmente por cada jugador, así como el orden de los golpes a fin de evitar que un único golpe, al ser ejecutado al final, influyera en la velocidad o precisión.

Durante la ejecución del estudio, la única instrucción proporcionada a los jugadores fue la indicación del tipo de golpe que debían realizar en cada momento.

Velocidad

Las velocidades se registraron a través de grabaciones con una app llamada Kinovea. Estas grabaciones se llevaron a cabo con una cámara gopro. El análisis estadístico de las velocidades se llevó a cabo con el software IBM SPSS Statistic en su versión 26. En este software se aplicó la prueba T-Student para muestras relacionadas.

Precisión

Las precisiones se registraron a través de la observación de donde botaba la pelota en la mesa. Si no botaba en la mesa (Fuera), se le atribuye el valor (0), si botaba en la mesa (Mesa), se le atribuye el valor (1) y si botaba dentro de uno de los cuadrados (Diana) situados en las esquinas inferiores de la mesa (ver figura 26), se le atribuye el valor (2). Tras la recolección de datos el análisis estadístico se realizó a través del Chi Cuadrado de Pearson.

8.RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

Antes de la recogida de datos, todos los jugadores se sometieron al mismo calentamiento (ya explicado en el apartado de metodología).

Para poder obtener los datos de las velocidades, se dispuso la cámara a una distancia de 4 m de forma perpendicular a la mesa (ver figura 25). Se colocó a esta distancia con el propósito de permitir la observación simultánea del jugador golpeando la pelota y el punto en la mesa donde esta rebota.

Para poder determinar las zonas de precisión, se dispuso un cuadrado de 25cmx25cm en cada esquina inferior de la mesa (ver figura 26). Gracias a estos cuadrados podríamos determinar si la pelota había entrado dentro del cuadrante o no.

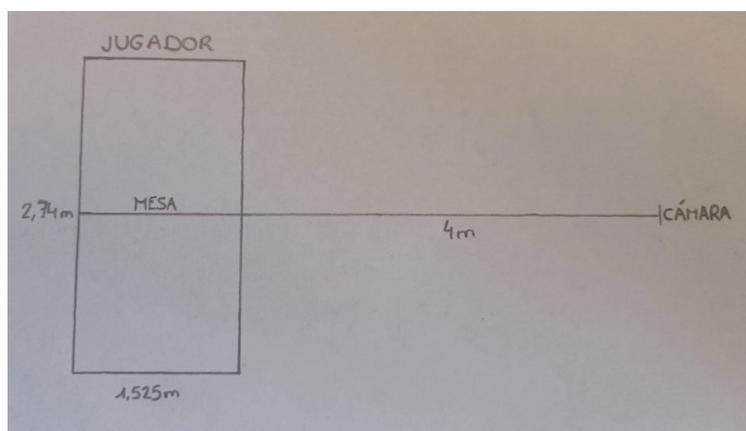


Figura 25: Esquema del proceso de la recogida de datos.

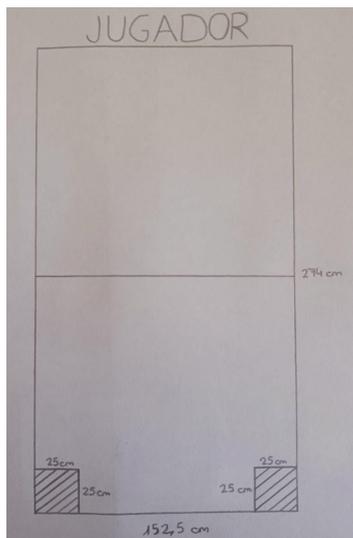


Figura 26: Esquema de las dianas de la mesa para la medición de la precisión. Elaboración propia.

8.1.RECOGIDA DE DATOS

Los datos de la velocidad y la precisión fueron tomados simultáneamente. Para esto, se pidió a los jugadores que realizarán los golpes como si estuviesen en un partido (máxima velocidad posible) y a su vez tuvieran la mayor precisión posible.

Los jugadores que participaron en la recogida de datos fueron jugadores del club AD Collado Mediano (jugadores de ligas nacionales y territoriales). Entre ellos se encontraban dos jugadores de sexo femenino y ocho jugadores de sexo masculino. Cada jugador realizó veinte golpes con cada una de las raquetas. Realizaron cinco golpes planos de derecha, cinco golpes planos de revés, cinco golpes topspin de derecha y cinco golpes topspin de revés.

DATOS DE PRECISIÓN

Estos fueron tomados a través de la observación de donde botaba la pelota en la mesa. Los jugadores siempre apuntaban al lado más cómodo donde podían mandar la pelota (normalmente apuntaban de forma cruzada). Se elaboró una rúbrica en la que se anotaría con un 2 (diana) si la pelota botaba dentro del cuadrado (ver figura 26), con un 1 (mesa) si la pelota botaba dentro de la mesa y con un 0 (fuera) si la pelota no botaba en la mesa.

Para realizar el estudio de las precisiones se realizó un análisis estadístico no paramétrico, ya que las variables de este apartado eran ordinales ya que el golpeo iba fuera, a la mesa o a la diana.

Por ello, el análisis de la precisión se realizó con la prueba estadística del Chi Cuadrado de Pearson. Gracias a esta prueba podemos determinar si las dos variables son independientes o una depende de la otra.

Fórmula del Chi Cuadrado:

$$\chi^2_{calc} = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$$

f_0 : Frecuencia del valor observado.

f_e : Frecuencia del valor esperado.

Figura 27: Fórmula Chi Cuadrado de Pearson. Fuente: <https://acortar.link/grZqtW>

En la utilización del Chi Cuadrado tenemos en cuenta el valor de significación (0,05) y el grado de libertad (2). Con la utilización del Chi Cuadrado se pretende aceptar la hipótesis alternativa, intentando rechazar la hipótesis nula. Para poder rechazar la hipótesis nula, primero hay que calcular el valor crítico del Chi Cuadrado. Si este valor crítico es menor que el del Chi Cuadrado, se rechaza la hipótesis nula.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	1	1	0	0	1
Golpe 2	0	1	0	0	1
Golpe 3	1	0	0	0	2
Golpe 4	1	1	1	0	1
Golpe 5	1	1	1	1	2
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	0	0	2	0	1
Golpe 2	1	1	1	1	1
Golpe 3	0	1	2	0	1
Golpe 4	1	1	2	1	2
Golpe 5	1	1	2	0	0

Tabla 1: Precisiones raqueta hexagonal golpe plano de derecha. Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	1	0	1	1	1
Golpe 2	0	1	0	1	1
Golpe 3	1	1	1	1	2
Golpe 4	1	1	1	0	1
Golpe 5	1	0	1	1	1
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	1	1	1	1	0
Golpe 2	1	1	1	1	1
Golpe 3	1	1	1	1	1
Golpe 4	1	1	1	1	1
Golpe 5	1	2	1	1	1

Tabla 2: Precisiones raqueta circular golpe plano de derecha. Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	2	0	2	1	0
Golpe 2	1	1	0	1	0
Golpe 3	1	0	1	1	1
Golpe 4	0	1	1	1	1
Golpe 5	1	1	2	0	2
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	1	2	1	1	2
Golpe 2	1	1	1	1	1
Golpe 3	1	1	1	1	1
Golpe 4	1	1	1	1	0
Golpe 5	1	0	2	1	1

Tabla 3: Precisiones raqueta hexagonal golpe plano de revés.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	1	1	0	0	0
Golpe 2	1	1	0	1	1
Golpe 3	1	0	0	1	1
Golpe 4	1	1	0	1	1
Golpe 5	1	0	1	1	1
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	1	0	1	1	1
Golpe 2	0	1	1	2	1
Golpe 3	1	2	1	1	1
Golpe 4	1	1	1	1	1
Golpe 5	1	1	1	1	1

Tabla 4: Precisiones raqueta circular golpe plano de revés.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	1	1	1	1	0
Golpe 2	1	0	1	1	0
Golpe 3	1	1	1	1	1
Golpe 4	0	1	1	1	1
Golpe 5	1	0	1	1	1
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	1	1	2	1	1
Golpe 2	1	1	1	1	1
Golpe 3	2	1	2	1	1
Golpe 4	1	1	0	1	0
Golpe 5	0	1	2	0	1

Tabla 5: Precisiones raqueta hexagonal golpe topspin de derecha.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	1	1	1	1	2
Golpe 2	2	1	1	0	2
Golpe 3	2	0	1	1	1
Golpe 4	1	1	2	0	1
Golpe 5	1	1	1	1	1
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	2	1	1	1	0
Golpe 2	0	1	1	1	1
Golpe 3	1	1	1	1	1
Golpe 4	0	1	1	1	1
Golpe 5	1	1	1	1	0

Tabla 6: Precisiones raqueta circular golpe topspin de derecha.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	1	0	1	2	1
Golpe 2	1	1	0	1	1
Golpe 3	1	0	0	0	0
Golpe 4	1	1	0	1	0
Golpe 5	1	1	0	1	0
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	1	0	1	0	2
Golpe 2	1	2	1	1	1
Golpe 3	0	2	1	2	2
Golpe 4	1	0	1	2	1
Golpe 5	0	1	0	0	1

Tabla 7: Precisiones raqueta hexagonal golpe topspin de revés.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	1	1	0	1	0
Golpe 2	1	1	1	1	0
Golpe 3	1	0	1	1	0
Golpe 4	0	1	1	1	0
Golpe 5	1	1	0	1	2
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	1	2	1	1	1
Golpe 2	1	2	0	1	2
Golpe 3	1	1	0	1	0
Golpe 4	2	2	0	1	1
Golpe 5	1	1	1	1	0

Tabla 8: Precisiones raqueta circular golpe topspin de revés.
Elaboración propia.

DATOS DE VELOCIDAD

Las velocidades se registraron mediante las grabaciones, que fueron analizadas utilizando la app Kinovea.

La toma de los datos de las velocidades, se llevaron a cabo a través de grabaciones con una gopro. Esta cámara tenía capacidad de grabar a 240fps y en video de alta definición (720p).

La cámara durante la grabación se situó de forma perpendicular a 4 m de la mesa. El software de los videos se calibró con el largo de la mesa (2,74 m) y la velocidad se tomó del momento en el que la pelota bota en la mesa.

El tratamiento de las velocidades fue hecho con el software IBM SPSS Statistic en su versión 26. Dentro de este software tratamos los datos con la prueba de T-Student para muestras relacionadas. En esta prueba se comparan las medidas de dos variables que han sido medidas en el mismo grupo de personas. El procedimiento contrasta si las diferencias son significativas en función del nivel de significación aceptado, por lo que para ello calcula las diferencias entre las medias de las dos variables de cada caso.

En las tablas hay golpes donde encontramos una casilla

en rojo, esto significa que no se ha podido recoger una velocidad ya que la pelota no ha votado en la mesa en la realización de ese golpe. Si hubiésemos cogido las velocidades de todas las pelotas, los datos no hubieran sido del todo fiables. Por esto en el análisis de datos se han analizado las 30 mayores velocidades.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	9,19	10,38			6,32
Golpe 2		10,63		9,21	6,40
Golpe 3	10,10				7,72
Golpe 4	9,81	10,13	7,28		7,04
Golpe 5	9,27	9,57	8,48	10,07	6,74
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1			5,03		9,13
Golpe 2	6,55	8,42	6,11	8,17	8,99
Golpe 3		8,38	6,82		8,99
Golpe 4	6,56	8,66	6,44	8,46	9,65
Golpe 5	8,14	8,93	7,08		

Tabla 9: Velocidades raqueta hexagonal golpe plano de derecha.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	8,14		8,01	8,93	6,31
Golpe 2		9,40		9,46	6,53
Golpe 3	8,06	10,55	7,75	9,46	6,68
Golpe 4	7,37	10,09	8,47		6,54
Golpe 5	7,55		7,70	9,55	6,93
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	10,32	7,64	5,14	9,43	
Golpe 2	9,39	7,80	5,10	9,41	8,61
Golpe 3	8,79	8,02	5,04	9,66	8,96
Golpe 4	8,92	8,46	6,18	9,10	8,64
Golpe 5	9,52	8,21	6,76	9,16	8,94

Tabla 10: Velocidades raqueta circular golpe plano de derecha.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	6,51		6,16	8,29	
Golpe 2	6,43	7,74		6,88	
Golpe 3	6,89		5,82	6,83	3,75
Golpe 4		7,29	5,84	5,88	4,08
Golpe 5	6,27		5,58		3,53
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	3,46	5,72	7,57	6,97	6,20
Golpe 2	4,14	5,96	7,69	7,29	6,04
Golpe 3	3,59	5,80	7,44	6,41	6,41
Golpe 4	3,92	5,81	7,72	6,60	
Golpe 5	3,08		8,42	6,70	5,63

Tabla 11: Velocidades raqueta hexagonal golpe plano de revés.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	6,31	5,47			3,68
Golpe 2	5,67	6,56		7,38	4,02
Golpe 3	5,62			7,06	3,93
Golpe 4	5,29	4,94		6,39	3,95
Golpe 5	4,85		6,58	6,34	5,36
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	5,10		7,18	6,05	6,14
Golpe 2		5,83	6,55	6,73	5,16
Golpe 3	6,13	4,26	6,84	7,04	5,98
Golpe 4	4,41	5,55	6,86	6,34	6,43
Golpe 5	5,94	5,16	6,80	6,66	6,32

Tabla 12: Velocidades raqueta circular golpe plano de revés.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	6,31	5,47			3,68
Golpe 2	5,67	6,56		7,38	4,02
Golpe 3	5,62			7,06	3,93
Golpe 4	5,29	4,94		6,39	3,95
Golpe 5	4,85		6,58	6,34	5,36
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	5,10		7,18	6,05	6,14
Golpe 2		5,83	6,55	6,73	5,16
Golpe 3	6,13	4,26	6,84	7,04	5,98
Golpe 4	4,41	5,55	6,86	6,34	6,43
Golpe 5	5,94	5,16	6,80	6,66	6,32

Tabla 13: Velocidades raqueta hexagonal golpe topspin de derecha.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	10,12	7,91	8,20	7,27	7,13
Golpe 2	9,91	9,36	7,95		7,08
Golpe 3	10,04	8,14	7,97	7,74	7,39
Golpe 4	9,46	8,86	7,54		7,18
Golpe 5	9,71	7,09	8,47	7,99	7,37
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	8,29	8,71	7,25	10,19	
Golpe 2		10,53	8,34	10,96	9,71
Golpe 3	9,64	9,84	7,64	10,96	10,18
Golpe 4		10,42	7,75	10,33	9,81
Golpe 5	10,00	10,44	8,00	10,38	

Tabla 14: Velocidades raqueta circular golpe topspin de derecha.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	6,42		6,98	5,40	5,54
Golpe 2	5,43	5,96		6,20	5,48
Golpe 3	5,11				
Golpe 4	5,76	6,90		7,21	
Golpe 5	6,33			6,77	
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	5,76		8,54		6,14
Golpe 2	5,90	6,58	8,86	6,69	6,41
Golpe 3		6,55	9,34	6,56	5,87
Golpe 4	7,01		9,06	6,13	5,76
Golpe 5		7,59			5,98

Tabla 15: Velocidades raqueta hexagonal golpe topspin de revés.
Elaboración propia.

	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5
Golpe 1	5,79	6,23		8,21	
Golpe 2	5,53	6,84	7,19	5,79	
Golpe 3	5,66		7,48	6,04	
Golpe 4		6,37	6,27	7,03	
Golpe 5	5,49	7,85		6,39	4,25
	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9	Jugador 10
Golpe 1	5,88	5,28	9,08	6,19	7,08
Golpe 2	6,22	6,16		6,66	6,24
Golpe 3	6,78	6,44		6,14	
Golpe 4	4,34	6,14		6,78	6,39
Golpe 5	7,36	6,34	8,20	6,48	

Tabla 16: Velocidades raqueta circular golpe topspin de revés.
Elaboración propia.

8.2. ANÁLISIS DE DATOS

PRECISIÓN GOLPE PLANO DE DERECHA

Tras realizar el estudio de los datos mediante el Chi Cuadrado (ver anexo 2) se rechazó la hipótesis nula. Por lo tanto, se estableció que al realizar golpes planos de derecha la puntería depende del tipo de raqueta. El valor del Chi Cuadrado obtenido es de (9,43), que es mayor que el valor crítico del Chi Cuadrado, que era de (5,99). Se estableció el valor de significación (0,05).

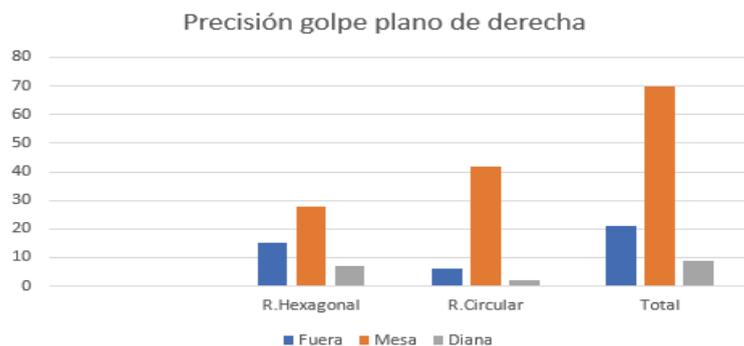


Figura 28: Gráfica de los datos obtenidos de la precisión del golpe plano de derecha. Elaboración propia.

En la figura 28 se puede observar que con la raqueta hexagonal se fallan más golpes planos de derecha, pero a su vez cuando la pelota entra en la mesa tiene un mayor porcentaje de que de en la diana. En el golpe plano de derecha se aciertan en mesa la mayoría de los golpes.

PRECISIÓN GOLPE PLANO DE REVÉS

Tras realizar el análisis estadístico de los datos mediante el Chi Cuadrado (ver anexo 3) se aceptó la hipótesis nula. Por lo tanto, se estableció que al realizar golpes planos de

revés la puntería es independiente del tipo de raqueta. El valor del Chi Cuadrado obtenido es de (3,12), que es menor que el valor crítico del Chi Cuadrado, que era de (5,99). Se estableció el valor de significación (0,05).

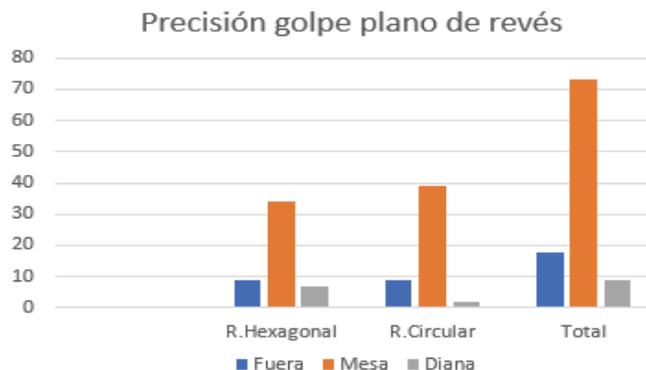


Figura 29: Gráfica de los datos obtenidos de la precisión del golpe plano de revés. Elaboración propia.

Como se observa en la figura 29, el número de fallos con ambas raquetas es el mismo. En este tipo de golpeo se presenta principalmente la diferencia en el número de pelotas que botan en el cuadrado. En el golpe plano de revés se aciertan en mesa la mayoría de los golpes.

PRECISIÓN GOLPE TOPSPIN DE DERECHA

Tras realizar el análisis completo de los datos mediante el Chi Cuadrado (ver anexo 4) se aceptó la hipótesis nula. Por lo tanto, se estableció que al realizar golpes topspin de derecha la puntería es independiente del tipo de raqueta. El valor del Chi Cuadrado obtenido es de (0,65), que es menor que el valor crítico del Chi Cuadrado, que era de (5,99). Se estableció el valor de significación (0,05).

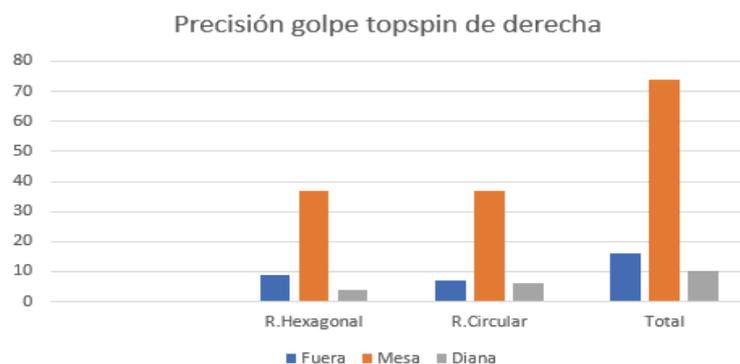


Figura 30: Gráfica de los datos obtenidos de la precisión del golpe topspin de derecha. Elaboración propia.

Se puede observar en la figura 30 que las pelotas que botan en la mesa son las mismas para ambas raquetas. En el topspin de derecha solo se produce una pequeña variación entre los golpes fallados y los que entran en el cuadrado, y es el golpe con menos fallos en total.

PRECISIÓN GOLPE TOPSPIN DE REVÉS

Tras realizar el estudio completo de los datos mediante el Chi Cuadrado (ver anexo 5) se aceptó la hipótesis nula. Por lo tanto, se estableció que al realizar golpes topspin de revés la puntería es independiente del tipo de raqueta. El valor del Chi Cuadrado obtenido es de (1,05), que es menor que el valor crítico del Chi Cuadrado, que era de (5,99). Se estableció el valor de significación (0,05).

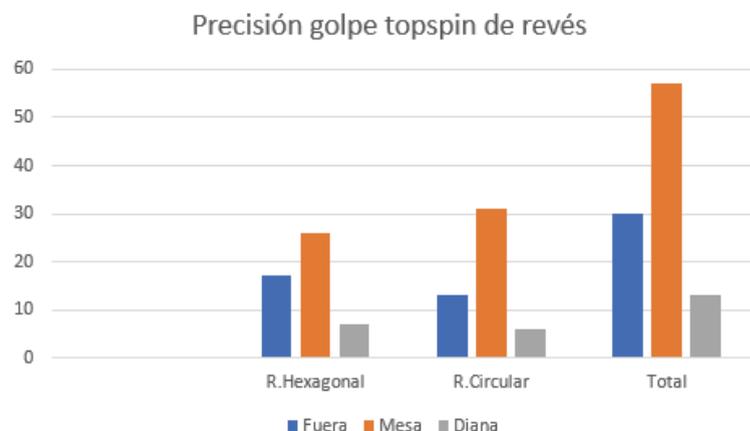


Figura 31: Gráfica de los datos obtenidos de la precisión del golpe topspin de revés. Elaboración propia.

En la figura 31, se observa que el topspin de revés es el golpe con más fallos totales. Por ello, también es el golpe con menos aciertos en la mesa. La única semejanza entre la raqueta hexagonal y la circular en el golpe topspin de revés es la semejanza en el número de dianas.

VELOCIDAD GOLPE PLANO DE DERECHA

Una vez obtenidos los resultados del estudio con el tratamiento T-Student para muestras relacionadas, observamos que la velocidad media con la raqueta hexagonal es $8,62 \pm 1,21\text{m/s}$ y la velocidad media con la raqueta circular es $8,97 \pm 0,73\text{m/s}$. Eso es una diferencia de $0,35\text{m/s}$

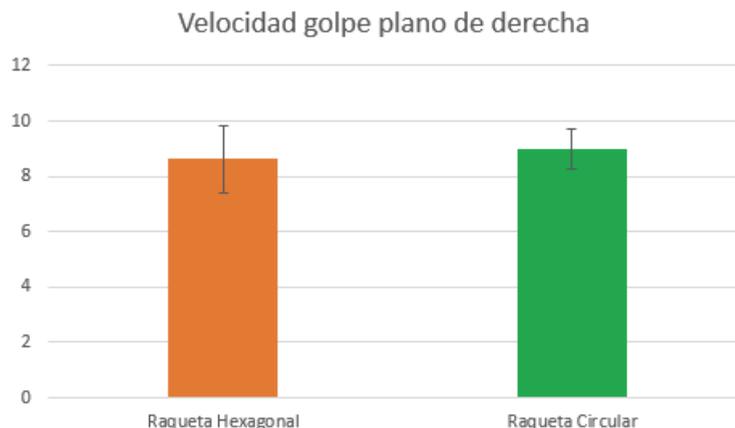


Figura 32: Gráfica comparativa de las velocidades obtenidas con el golpe plano de derecha. Elaboración propia.

VELOCIDAD GOLPE PLANO DE REVÉS

Los datos tratados con la prueba T-Student para muestras relacionadas muestran que la velocidad media con la raqueta hexagonal es $6,72 \pm 0,78\text{m/s}$ y la velocidad media de la raqueta circular es $6,31 \pm 0,56\text{m/s}$. Eso es una diferencia de $0,41\text{m/s}$.

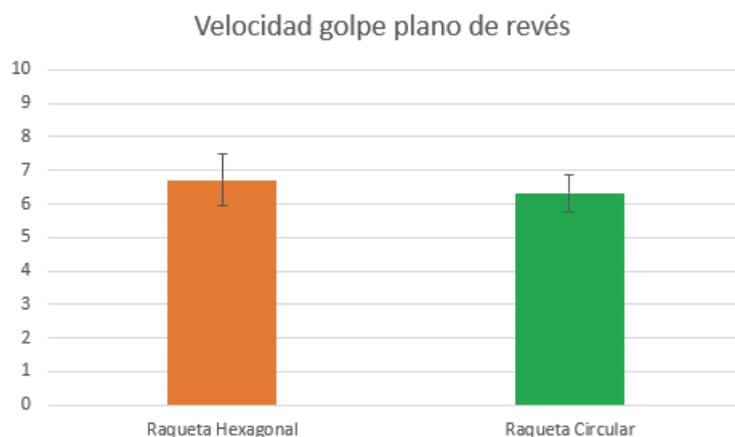


Figura 33: Gráfica comparativa de las velocidades obtenidas con el golpe plano de revés. Elaboración propia.

VELOCIDAD GOLPE TOPSPIN DE DERECHA

Se volvieron a tratar los datos con la prueba de T-Student para muestras relacionadas. La velocidad media de la raqueta hexagonal es $9,6 \pm 1,02\text{m/s}$ y la velocidad media de la raqueta circular es de $9,5 \pm 0,95\text{m/s}$. La diferencia entre las dos velocidades es de $0,1\text{m/s}$.

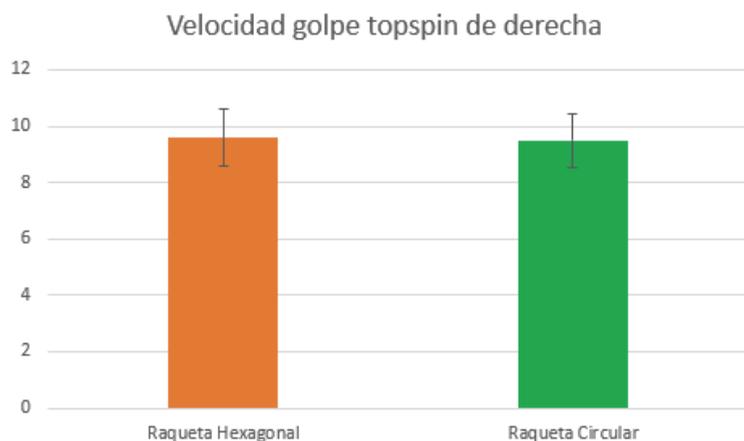


Figura 34: Gráfica comparativa de las velocidades obtenidas con el golpe topspin de derecha. Elaboración propia.

VELOCIDAD GOLPE TOPSPIN DE REVÉS

El tratamiento de los datos con la prueba T-Student nos muestra que la velocidad media de la raqueta hexagonal es $6,66 \pm 1,06 \text{ m/s}$ y la velocidad media de la raqueta circular es $6,74 \pm 0,78 \text{ m/s}$. La diferencia entre las dos velocidades es de $0,08 \text{ m/s}$.

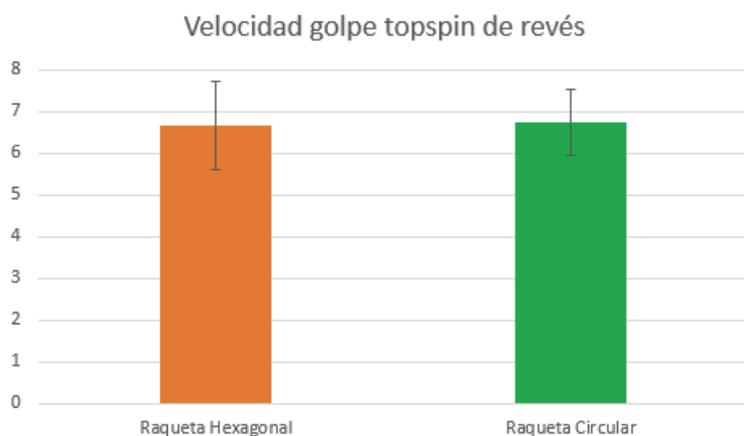


Figura 35: Gráfica comparativa de las velocidades obtenidas con el golpe topspin de revés. Elaboración propia.

VELOCIDAD RAQUETA HEXAGONAL Y RAQUETA CIRCULAR

Gracias a los datos tratados con la prueba T-Student, podemos observar que la velocidad media de la raqueta hexagonal es $7,9 \pm 1,62 \text{ m/s}$ y la velocidad media de la raqueta circular es $7,88 \pm 1,58 \text{ m/s}$. Eso es una diferencia entre ambas velocidades de $0,02 \text{ m/s}$.

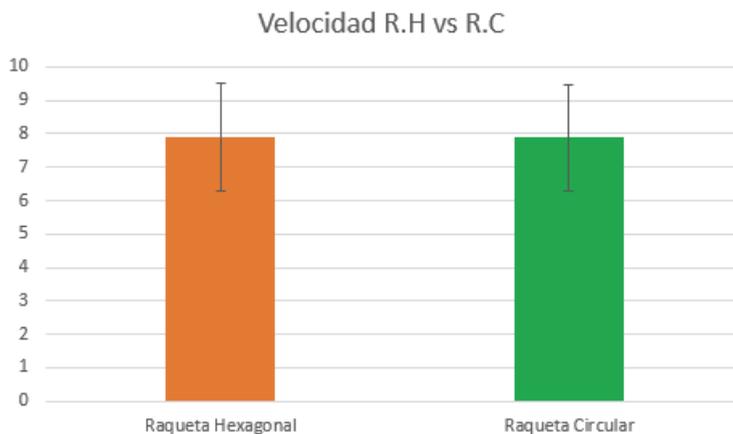


Figura 36: Gráfica comparativa de la velocidad R.H vs R.C. Elaboración propia.

9. DISCUSIÓN

Los datos principales obtenidos sugieren que la elección del tipo de raqueta tiene una influencia significativa e independiente tanto en la precisión como en la ejecución de un golpe específico. Esto implica que el rendimiento en términos de precisión puede variar dependiendo de la raqueta utilizada. En este contexto, la raqueta hexagonal exhibe una precisión bastante similar a la raqueta circular, aunque esta última se sitúa ligeramente por encima. Esto no contrasta con las expectativas basadas en las características previas al estudio, que sugerían que la raqueta hexagonal debería ser más precisa que la raqueta circular. No obstante, la técnica juega un papel crucial en la precisión, lo que disminuye la importancia de la elección de la raqueta.

En cuanto a las velocidades, se observa que los datos son muy similares en ambas raquetas. En los golpes planos, existe una desviación de $0,4 \text{ m/s}$ entre ambas raquetas, pero en el resto de las gráficas, la desviación apenas alcanza los $0,1 \text{ m/s}$. En consecuencia, se puede afirmar que las velocidades de los golpes son independientes de la raqueta utilizada; sin embargo, las velocidades obtenidas con ambas raquetas son muy cercanas entre sí. Esto contradice las expectativas previas al estudio, que indicaron que la raqueta circular debería mostrar una ventaja en la velocidad.

Ambas raquetas son ideales para un estilo de juego agresivo. Si tu objetivo es lograr una precisión excepcional y una velocidad destacada al ejecutar tus golpes, te reco-

miendo utilizar la raqueta circular. En cambio, si buscas una raqueta con una superficie de golpeo más extensa, una zona óptima de golpeo mayor, con ligeramente menos precisión pero aún con una excelente velocidad, la raqueta hexagonal es la adecuada para ti.

10. CONCLUSIÓN

En conclusión, el tipo de raqueta utilizada influye significativamente en la obtención de precisión y velocidad en los golpes.

Como evidencia revelada en el estudio, la raqueta hexagonal exhibe una precisión ligeramente inferior en comparación con la raqueta circular. No obstante, ambas raquetas muestran niveles destacados de precisión.

La velocidad de rebote de la pelota en la mesa es notablemente similar en todas las ejecuciones de golpe, independientemente del tipo de raqueta. Por lo tanto, podemos concluir que el estudio demuestra una gran similitud en las velocidades entre ambas raquetas.

En referencia a la raqueta hexagonal, se puede apreciar una excelente sinergia entre sus velocidades y precisiones. A pesar de esto, no alcanza el mismo nivel de sinergia que presenta la raqueta circular, la cual se distingue por su mayor precisión y velocidades comparables.

Ambas raquetas se deben utilizar para tipos de juego atacante, ya que es el tipo de juego donde más destacan.

Durante la investigación, han surgido limitaciones que han hecho más difícil esta investigación:

- Falta de bibliografía científica sobre el tenis de mesa.
- Falta de bibliografía sobre la raqueta hexagonal.
- La mayoría de jugadores eran hombres y se tenía menos en cuenta el sexo femenino.
- Ampliar la muestra. Dificultad para obtener más jugadores ya sea por su disponibilidad o nivel de juego.

11. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Durante la realización del trabajo surgieron diferentes tipos de dudas. Las próximas líneas de investigación que salieron gracias a estas dudas fueron:

- Investigar cómo influyen los diferentes tipos de formas de las raquetas a la hora de realizar otros tipos de golpes.
- Investigar cómo influyen los nuevos materiales (fibra de carbono) con los que se hacen las raquetas a la hora de realizar los dos principales golpes del tenis de mesa.
- Investigar cómo influyen los diferentes tipos de gomas a la hora de medir las velocidades y las precisiones.
- Estudiar si se darían los mismos resultados con jugadores profesionales del deporte.
- Investigar cómo influyen otros tipos de raquetas con diferentes formas a la hora de realizar los dos principales golpes del tenis de mesa.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Cybershape Wood table tennis blade | STIGA Sports. (n.d.). STIGA Sports. <https://www.stigasports.com/en/product/cybershape-woodv>
- De Cultura Física Y Deporte, C. N. (n.d.). Tenis de mesa, un deporte de precisión y destreza. gob.mx. <https://www.gob.mx/conade/articulos/tenis-de-mesa-un-deporte-de-precision-y-destreza-102691#:~:text=Sus%20inicios%20datan%20aproximadamente%20en%20la%20d%C3%A9cada%20de%201870%20cuando,el%20entonces%20juego%20de%20sal%C3%B3n>
- La historia del tenis de mesa - Cornilleau. (n.d.). <https://es.cornilleau.com/es/content/36-the-history-of-table-tennis>
- LORAN, D.; GRIFFITHS, G. Visual performance and soccer skills in young players. *Optometry Today*, v. 41, p. 32-34. 2001.
- Minutos. (2020, October 20). Tenis de mesa, ¿el deporte profesional más rápido del mundo? *www.20minutos.es* - Últimas Noticias. <https://www.20minutos.es/noticia/4419338/0/tenis-mesa-deporte-profesional-betway/#:~:text=Si%20elegimos%20un%20partido%20del,a%20la%20pelota%20por%20segundo>
- QUEVEDO, L.; SOLÉ, J.; PALMI, J.; PLANAS, A.; SAONA, C. Experimental study of visual training effects in shooting initiation. *Clinical and Experimental Optometry*, v. 82, p. 23-28, 1999.
- Reglamento técnico de juego Real Federación Española de tenis de mesa, (2021, 1 septiembre). Reglamento Real Federación Española de Tenis de Mesa. https://www.rfetm.es/documents/descargas/Reglamento_Tecnico_de_Juego_21-22.pdf
- Stiga Blade Cybershape wood. (s. f.). https://malovtm.com/Madera_Stiga_CybershapeWood

- Viccivici. (2022, 2 noviembre). → Butterfly Petr Korbel: Análisis de la madera de tenis de mesa. Planeta PING PONG. <https://planetapingpong.com/butterfly-petr-korbel-analisis-madera/>
- VSPORT Tenis de Mesa / Ping Pong. (s. f.). Goma Tibhar Evolution MX-P. https://vsport-tt.com/es/gomas-de-tenis-de-mesa/goma-tibhar-evolution-mx-p#/46-color-roja/319-grosor-21_22

13. ANEXOS

ANEXO 1. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA TOMA DE DATOS



Figura 37: Mesa utilizada para el estudio Fuente: <https://acortar.link/bQebhz>



Figura 38: Red utilizada para el estudio Fuente: <https://acortar.link/YJcKkS>

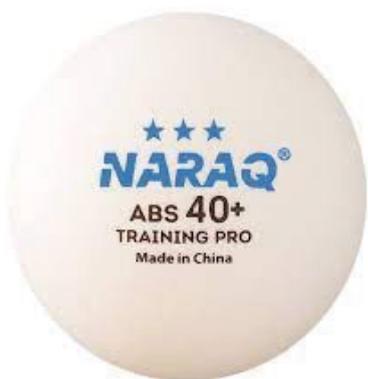


Figura 39: pelota utilizada para el estudio. Fuente: <https://acortar.link/RMVMWs>



Figura 40: Raqueta circular utilizada para el estudio. Elaboración propia.

Figura 41: Raqueta hexagonal utilizada para el estudio. Elaboración propia.

ANEXO 2. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS DE PRECISIÓN DEL GOLPE PLANO DE DERECHA UTILIZANDO LA RAQUETA HEXAGONAL Y CIRCULAR

Datos experimentales			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	15	6	21
Mesa	28	42	70
Diana	7	2	9
Total	50	50	100

Tabla 17: Datos experimentales de precisión del golpe plano de derecha. Elaboración propia.

Frecuencia de datos experimentales			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	30%	12%	21,00%
Mesa	56%	84%	70,00%
Diana	14%	4%	9,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 18: Frecuencia de datos experimentales del golpe plano de derecha. Elaboración propia.

Valores esperados			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	10,5	10,5	21
Mesa	35	35	70
Diana	4,5	4,5	9
Total	50	50	100

Tabla 19: Valores esperados del golpe plano de derecha. Elaboración propia.

Cálculo de Chi Cuadrado			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	1,92857143	1,92857143	3,85714286
Mesa	1,4	1,4	2,8
Diana	1,38888889	1,38888889	2,77777778
Total	4,71746032	4,71746032	9,43492063

Tabla 20: Cálculo del Chi Cuadrado del golpe plano de derecha. Elaboración propia.

H0: hipótesis nula. La puntería es independiente del tipo de raqueta	
H1: hipótesis alternativa. La puntería es dependiente del tipo de raqueta	
Grados de libertad. (Filas-1)*(Columnas-1)	2
Nivel de significación α	0,05
Valor crítico de Chi Cuadrado	5,991464547
Chi Cuadrado	9,434920635
Se acepta H0 si el valor de Chi Cuadrado es menor que el valor crítico de Chi Cuadrado	
Resultado: se acepta H1. La puntería depende del tipo de raqueta	

Tabla 21: Aplicación del Chi Cuadrado a la precisión del golpe plano de derecha. Elaboración propia.

ANEXO 3. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS DE PRECISIÓN DEL GOLPE PLANO DE REVÉS UTILIZANDO LA RAQUETA HEXAGONAL Y CIRCULAR

Datos experimentales			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	9	9	18
Mesa	34	39	73
Diana	7	2	9
Total	50	50	100

Tabla 22: Datos experimentales de precisión del golpe plano de revés. Elaboración propia.

Frecuencia de datos experimentales			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	18%	18%	18,00%
Mesa	68%	78%	73,00%
Diana	14%	4%	9,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 23: Frecuencia de datos experimentales del golpe plano de revés. Elaboración propia.

Valores esperados			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	9	9	18
Mesa	36,5	36,5	73
Diana	4,5	4,5	9
Total	50	50	100

Tabla 24: Valores esperados del golpe plano de revés. Elaboración propia.

Cálculo de Chi Cuadrado			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	0	0	0
Mesa	0,17123288	0,17123288	0,34246575
Diana	1,38888889	1,38888889	2,77777778
Total	1,56012177	1,56012177	3,12024353

Tabla 25: Cálculo del Chi Cuadrado del golpe plano de revés. Elaboración propia.

H0: hipótesis nula. La puntería es independiente del tipo de raqueta	
H1: hipótesis alternativa. La puntería es dependiente del tipo de raqueta	
Grados de libertad. (Filas-1)*(Columnas-1)	2
Nivel de significación α	0,05
Valor crítico de Chi Cuadrado	5,991464547
Chi Cuadrado	3,120243531
Se acepta H0 si el valor de Chi Cuadrado es menor que el valor crítico de Chi Cuadrado	
Resultado: se acepta H0. La puntería es independiente del tipo de raqueta	

Tabla 26: Aplicación del Chi Cuadrado a la precisión del golpe plano de revés. Elaboración propia.

ANEXO 4. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS DE PRECISIÓN DEL GOLPE TOPSPIN DE DERECHA UTILIZANDO LA RAQUETA HEXAGONAL Y CIRCULAR

Datos experimentales			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	9	7	16
Mesa	37	37	74
Diana	4	6	10
Total	50	50	100

Tabla 27: Datos experimentales de precisión del golpe topspin de derecha. Elaboración propia.

Frecuencia de datos experimentales			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	18%	14%	16,00%
Mesa	74%	74%	74,00%
Diana	8%	12%	10,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 28: Frecuencia de datos experimentales del golpe topspin de derecha. Elaboración propia.

Valores esperados			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	8	8	16
Mesa	37	37	74
Diana	5	5	10
Total	50	50	100

Tabla 29: Valores esperados del golpe top-spin de derecha. Elaboración propia.

Cálculo de Chi Cuadrado			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	0,125	0,125	0,25
Mesa	0	0	0
Diana	0,2	0,2	0,4
Total	0,325	0,325	0,65

Tabla 30: Cálculo del Chi Cuadrado del golpe topspin de derecha. Elaboración propia.

H0: hipótesis nula. La puntería es independiente del tipo de raqueta	
H1: hipótesis alternativa. La puntería es dependiente del tipo de raqueta	
Grados de libertad. (Filas-1)*(Columnas-1)	2
Nivel de significación α	0,05
Valor crítico de Chi Cuadrado	5,991464547
Chi Cuadrado	0,65
Se acepta H0 si el valor de Chi Cuadrado es menor que el valor crítico de Chi Cuadrado	
Resultado: se acepta H0. La puntería es independiente del tipo de raqueta	

Tabla 31: Aplicación del Chi Cuadrado a la precisión del golpe topspin de derecha. Elaboración propia.

ANEXO 5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS DE PRECISIÓN DEL GOLPE TOPSPIN DE REVÉS UTILIZANDO LA RAQUETA HEXAGONAL Y CIRCULAR

Datos experimentales			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	17	13	30
Mesa	26	31	57
Diana	7	6	13
Total	50	50	100

Tabla 32: Datos experimentales de precisión del golpe topspin de revés. Elaboración propia.

Frecuencia de datos experimentales			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	34%	26%	30,00%
Mesa	52%	62%	57,00%
Diana	14%	12%	13,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 33: Frecuencia de datos experimentales del golpe topspin de revés. Elaboración propia.

Valores esperados			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	15	15	30
Mesa	28,5	28,5	57
Diana	6,5	6,5	13
Total	50	50	100

Tabla 34: Valores esperados del golpe topspin de revés. Elaboración propia.

Cálculo de Chi Cuadrado			
Tipo de raqueta	R.Hexagonal	R.Circular	Total
Fuera	0,26666667	0,26666667	0,53333333
Mesa	0,21929825	0,21929825	0,43859649
Diana	0,03846154	0,03846154	0,07692308
Total	0,52442645	0,52442645	1,04885291

Tabla 35: Cálculo del Chi Cuadrado del golpe topspin de revés. Elaboración propia.

H0: hipótesis nula. La puntería es independiente del tipo de raqueta	
H1: hipótesis alternativa. La puntería es dependiente del tipo de raqueta	
Grados de libertad. (Filas-1)*(Columnas-1)	2
Nivel de significación α	0,05
Valor crítico de Chi Cuadrado	5,991464547
Chi Cuadrado	1,048852901
Se acepta H0 si el valor de Chi Cuadrado es menor que el valor crítico de Chi Cuadrado	
Resultado: se acepta H0. La puntería es independiente del tipo de raqueta	

Tabla 36: Aplicación del Chi Cuadrado a la precisión del golpe topspin de revés. Elaboración propia.

ANEXO 6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA VELOCIDAD DEL GOLPE PLANO DE DERECHA UTILIZANDO UNA RAQUETA HEXAGONAL Y UNA RAQUETA CIRCULAR

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal	8,6183	30	1,20587	,22016
	Velocidad raqueta circular	8,9737	30	,73225	,13369

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal & Velocidad raqueta circular	30	-,021	,912

Prueba de muestras emparejadas										
Diferencias emparejadas										
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia			t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior				
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal - Velocidad raqueta circular	-,35533	1,42390	,25997	-,88703	,17636	-1,367	29	,182	

Tabla 37: Tratamiento estadístico de la velocidad del golpe plano de derecha utilizando una raqueta hexagonal y una raqueta circular. Elaboración propia.

ANEXO 7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA VELOCIDAD DEL GOLPE PLANO DE REVÉS UTILIZANDO UNA RAQUETA HEXAGONAL Y UNA RAQUETA CIRCULAR

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal	6,7193	30	,77642	,14175
	Velocidad raqueta circular	6,3133	30	,55869	,10200

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal & Velocidad raqueta circular	30	,112	,557

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal - Velocidad raqueta circular	,40600	,90451	,16514	,06825	,74375	2,459	29	,020

Tabla 38: Tratamiento estadístico de la velocidad del golpe plano de revés utilizando una raqueta hexagonal y una raqueta circular. Elaboración propia.

ANEXO 8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA VELOCIDAD DEL GOLPE TOPSPIN DE DERECHA UTILIZANDO UNA RAQUETA HEXAGONAL Y UNA RAQUETA CIRCULAR

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal	9,5980	30	1,02040	,18630
	Velocidad raqueta circular	9,4987	30	,95060	,17355

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal & Velocidad raqueta circular	30	,616	,000

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal - Velocidad raqueta circular	,09933	,86588	,15809	-,22399	,42266	,628	29	,535

Tabla 39: Tratamiento estadístico de la velocidad del golpe topspin de derecha utilizando una raqueta hexagonal y una raqueta circular. Elaboración propia.

ANEXO 9. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA VELOCIDAD DEL GOLPE TOPSPIN DE REVÉS UTILIZANDO UNA RAQUETA HEXAGONAL Y UNA RAQUETA CIRCULAR

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal	6,6570	30	1,05934	,19341
	Velocidad raqueta circular	6,7417	30	,77784	,14201

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal & Velocidad raqueta circular	30	,333	,072

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal - Velocidad raqueta circular	-,08467	1,08580	,19824	-,49011	,32078	-,427	29	,672

Tabla 40: Tratamiento estadístico de la velocidad del golpe topspin de revés utilizando una raqueta hexagonal y una raqueta circular. Elaboración propia.

ANEXO 10. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA VELOCIDAD DEL GOLPE PLANO Y TOPSPIN UTILIZANDO UNA RAQUETA HEXAGONAL Y UNA RAQUETA CIRCULAR

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal	7,8982	120	1,62060	,14794
	Velocidad raqueta circular	7,8818	120	1,57540	,14381

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal & Velocidad raqueta circular	120	,757	,000

Prueba de muestras emparejadas

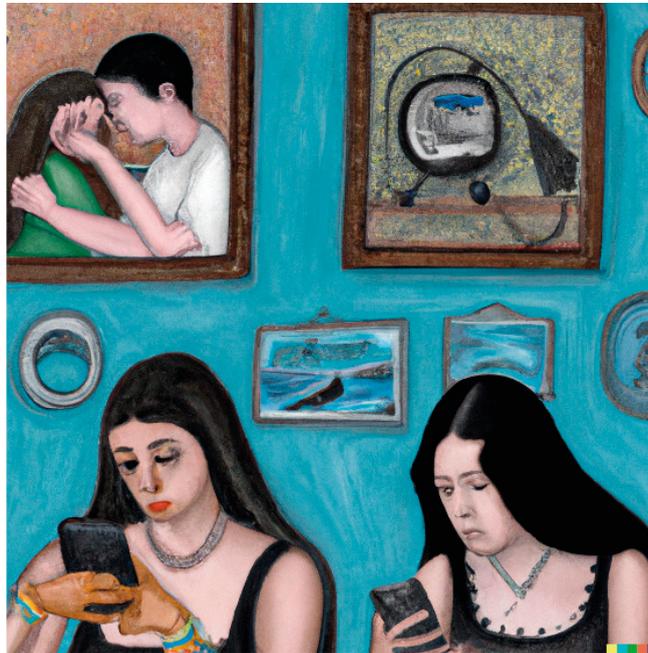
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Velocidad raqueta hexagonal - Velocidad raqueta circular	,01633	1,11396	,10169	-,18502	,21769	,161	119	,873

Tabla 41: Tratamiento estadístico de la velocidad del golpe plano y topspin utilizando una raqueta hexagonal y una raqueta circular. Elaboración propia.

Adolescentes y publicidad en redes sociales

Almudena Lanzas Larrañeta

Tutor: Juan José Albaladejo Aparicio



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría dar las gracias a Juanjo; por su dedicación, tiempo y paciencia, también por ayudarme a seguir adelante y confiar en mí.

A mis compañeros de clase por ayudarme a sacar lo mejor de mí.

A mi familia por el apoyo tanto en el ámbito académico como en el personal que me dan siempre.

Al IES Guadarrama por esta oportunidad única.

En resumen, a todas esas personas que me han acompañado en esta etapa y me han animado y ayudado cuando más lo necesitaba. Gracias.

“El mejor marketing es el que no parece marketing.” (Tom Fishburne)

ÍNDICE

Agradecimientos	220
1. Resumen	222
2. Abstract	222
3. Introducción	222
3.1. Justificación	222
3.2. Hipótesis	222
3.3. Objetivos	222
4. Marco Teórico	223
4.1. Publicidad	223
4.1.1. Qué es la publicidad y cuál es su origen	223
4.1.2. Tipos de publicidad	224
4.2. Redes Sociales	224
4.2.1. Qué son las redes sociales	224
4.2.2. Instagram y TikTok	224
4.3. Publicidad en las redes sociales	226
4.3.1. Legislación y regulación de la publicidad	226
4.3.2. Tipos de publicidad presentes en redes sociales	227
4.3.3. Influencers	229
5. Metodología	231
6. Recogida y análisis de datos	231
6.1. Caracterización de la muestra	231
6.2. Redes sociales	231
6.3. Redes más importantes	231
6.4. Publicidad	232
6.5. Uso de las redes	232
6.6. Influencers	233
6.7. Imágenes y vídeos	233
6.8. Publicidad subliminal	235
7. Margen de error y complicaciones	235
8. Conclusiones	235
8.1. Conclusiones específicas	235
8.1.1. Redes sociales	235
8.1.2. Redes más importantes	236
8.1.3. Publicidad	236
8.1.4. Influencers y uso de las redes	236
8.1.5. Imágenes y videos	236
8.2. Conclusiones generales	236
8.3. Propuesta para detectar de forma consciente la publicidad	236
9. Próximas líneas de investigación	237
10. Bibliografía	237
11. Anexos	239

1. RESUMEN

Las generaciones de hoy en día pasan gran parte de su tiempo utilizando el móvil y, por consiguiente, las redes sociales. Por ello se tomó la decisión de realizar un estudio sobre la publicidad y su presencia en las mismas.

En primer lugar, se aborda la historia de la publicidad desde la Antigüedad hasta la actualidad para después explicar sus distintos tipos. A continuación, se describe qué son las redes sociales y se profundiza en la historia y funcionamiento de Instagram y TikTok. Para finalizar con el marco teórico, se presentan algunos ejemplos de publicidad que se pueden encontrar en las redes sociales así como las leyes que la regulan; también se explica qué son los *influencers* desarrollando algunos casos específicos.

Al mismo tiempo se ha realizado una encuesta a los alumnos del IES Guadarrama para elaborar un análisis de los datos obtenidos y, a través de las conclusiones sacadas, comprobar si realmente los adolescentes son conscientes de la cantidad de publicidad que consumen diariamente.

Palabras clave: Red social. Publicidad. Adolescentes. Anuncio. *Influencer*.

2. ABSTRACT

Today's generations spend a significant amount of their time using mobile phones and, consequently, social media. Therefore, the decision was made to conduct a study on advertising and its presence on social networks.

Firstly, the history of advertising is tackled from ancient times to the present, followed by an explanation of its different types. Next, the concept of social networks is described, focussing on the history and operation of Instagram and TikTok. To conclude the theoretical framework, some examples of advertising found on social media are presented, along with the laws that regulate it. Additionally, the concept of *influencers* is explained, describing specific cases.

Simultaneously, a survey was conducted among students of IES Guadarrama to analyze the data obtained and, through the conclusions, verify whether adolescents are truly aware of the amount of advertising they consume daily.

Keywords: Social media. Advertising. Teenagers. Advertisement. *Influencer*.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Justificación

La adolescencia es un momento de construcción de la identidad, y es una fase en la que todos hemos estado influenciados ya sea por amigos, actores, o simplemente, gente famosa. Al estar viviendo esta etapa, he podido darme cuenta de que, sobre todo, lo que nos interesa a las generaciones de hoy en día son las redes sociales y lo que los *influencers* publican en ellas. Ante el gran número de usuarios en las redes, ciertas marcas, empresas o personas las emplean en su propio beneficio por medio de la publicidad.

Con la llegada de la era digital, la publicidad puede mostrarse en cualquier plataforma o aplicación, de modo que podemos encontrarla en cualquier momento e incluso no llegar a percibirla. Ciertos tipos de publicidad pueden llegar a resultar peligrosos ya que nuestro cerebro recibe una información sin que seamos conscientes de ello. La cantidad de anuncios que podemos ver, o a los que podemos estar expuestos, en una hora de uso de las redes sociales puede ser muy elevada. Además en las redes circula una gran cantidad de publicidad dirigida a los adolescentes, con contenidos relacionados con el sexo, juego, alimentación,.. y que podría resultar muy dañina.

Nuestro objetivo será buscar una forma de ayudar o educar a los jóvenes en su relación con las redes sociales. Por tanto, encontramos necesario realizar un estudio del tipo de publicidad presente en las redes para, posteriormente, intentar dotar a los adolescentes de recursos para que puedan hacer de ellas un uso consciente.

3.2. Hipótesis

Tik Tok e Instagram son las dos redes sociales más utilizadas por adolescentes y los jóvenes no siempre son capaces de distinguir la publicidad que en ellas se muestra.

3.3. Objetivos

Generales:

- Explicar qué es la publicidad y sus distintos tipos.
- Explicar qué son las redes sociales, centrandó la búsqueda de información en las aplicaciones de Instagram y TikTok.

Específicos:

- Realizar una encuesta a los alumnos del IES Guadarrama con diferentes cuestiones sobre la publicidad en redes sociales.
- Explicar las características y el tipo de contenidos que muestran los dos *influencers* más votados en la encuesta.
- Comprobar si los alumnos son conscientes de la publicidad en las redes sociales que más utilizan.
- Entrevista a un miembro de la OCU.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Publicidad

4.1.1. Qué es la publicidad y cuál es su origen

Según la Real Academia Española (s.f.), la publicidad consiste en “la divulgación de noticias o anuncios de carácter comercial para atraer a posibles compradores, espectadores, usuarios, etc”. Dicho esto, podríamos deducir que para generar publicidad son necesarios los siguientes elementos: en primer lugar, un anunciante (el emisor) que quiera vender o anunciar algo a través de una agencia que ha recibido dinero a cambio de publicitar un determinado producto; en segundo lugar el público (receptor) sobre el que se pretende influir para que actúe de la manera indicada o para que compre el producto en cuestión. (Erikson, 2010)

El origen de la publicidad es complicado de definir, pero podemos encontrar algunos ejemplos en las primeras civilizaciones de la Antigüedad. Por ejemplo, en Egipto comenzó a utilizarse el papiro para la comunicación ya que era menos pesado y más fácil de transportar que otros materiales. (Godoy, 2008) En la fuente conocida como “Papiro de Shem”, de 3.000 años de antigüedad y hallada en Tebas, se puede leer cómo un tejedor ofrece una moneda de oro a quien encuentre a Shem, su esclavo fugado. Podemos considerarlo publicidad ya que Hapu, el tejedor, aprovecha el anuncio para mencionar la belleza de las telas que vende. (Rocha, 2017)

En Grecia se crearon los *axones*, que eran postes de madera o piedra, y los *kyrbos* o columnas cilíndricas para colocar en ellos carteles o anuncios. En las ciudades romanas en vez de tener postes o columnas dedicadas a los anun-

cios, tenían muros o paredes en los que se podían escribir o pintar mensajes. (Godoy, 2008)

En el siglo XV el alemán Johannes Gutenberg inventó la imprenta; un hecho revolucionario ya que, hasta entonces, los libros estaban escritos a mano, habitualmente por monjes en los *scriptorium* de los monasterios. (Luján, 2016)

A partir de aquí comenzó la impresión de folletos y libros principalmente religiosos como la Biblia; en un proceso que podríamos catalogar, en cierto modo, como publicidad religiosa. En 1482 fue impreso el considerado como primer cartel publicitario con ilustraciones llamado “Gran Perdón de Notre Dame” que avisaba de la visita del papa y ofrecía el perdón de los pecados a través de la compra de indulgencias.

En el siglo XVIII comenzó la Revolución Industrial en Inglaterra y aparecieron máquinas que hacían tareas de forma más rápida y continua que los humanos. En este contexto la publicidad cobró importancia; por ejemplo en 1806, William Colgate fundó una empresa de jabón y velas en Nueva York a la que dio una gran difusión. Ya en el siglo XX las empresas y agencias publicitarias comenzaron a utilizar la fotografía en los anuncios. Posteriormente la radio y la televisión se convertirían en los dos principales medios de difusión de publicidad. (Ramírez, 2021)

Por último llegamos al siglo XXI, la actualidad. En los últimos diez años, han tenido lugar importantes cambios y avances, como el desarrollo de teléfonos móviles y otros dispositivos electrónicos, que no solo han afectado a las estrategias publicitarias, sino que también han puesto en duda si las agencias de publicidad o de medios estaban lo suficientemente preparadas para cubrir las nuevas demandas de sus clientes.

Desde 2006 los medios sociales se han estado desarrollando y con ello ha comenzado el uso de las bases de datos, que permiten personalizar los mensajes para el consumidor. La interactividad, tanto en la web como en la telefonía móvil, ha permitido la mayor participación e implicación de los consumidores con los mensajes publicitarios.

Además, gracias a la digitalización se han podido reducir los costes a la hora de difundir mensajes publicitarios y se ha facilitado su reproducción y difusión en un alcance internacional. (Martí, Cabrera y Aldás, 2012)

4.1.2. Tipos de publicidad

Como explican Laura Fischer y Jorge Espejo (2004:204) en su obra *Mercadotecnia*, la publicidad podría dividirse en los siguientes tipos:

Propaganda: se utiliza para difundir ideas políticas o religiosas y se encuentra en medios masivos de comunicación.

Publicidad de acuerdo con la forma de pago: la patrocinan un individuo o una organización que actúa de forma individual. Consiste en colocar anuncios publicitarios en plataformas en línea o redes sociales a través de un pago.

Publicidad en cooperativa: se divide en dos vertientes. Por un lado tenemos la publicidad en cooperativa horizontal, en la que el costo es compartido por dos o más empresas con el mismo nivel de distribución. Y por otro lado encontramos la publicidad en cooperativa vertical, en la que dos o más empresas en diferentes niveles de distribución comparten los costos de publicidad como, por ejemplo, un fabricante y un distribuidor.

Publicidad de enfoque del mensaje: que, a su vez, está dividida en los siguientes tipos:

- Publicidad en el producto. Su propósito es informar acerca del producto; casi todas las empresas la utilizan.
- Publicidad institucional. Son los mensajes que el Gobierno dirige a los ciudadanos en el ejercicio de su función ejecutiva, en cuanto responsable último de la Administración General del Estado.
- Publicidad de relaciones públicas. Se usa para crear una imagen favorable de la empresa entre empleados, accionistas o público en general.
- Publicidad de servicio público o publicidad social. Su objetivo es cambiar actitudes o conductas para el bien de la comunidad o el público en general; por ejemplo, las campañas de concienciación.

Publicidad subliminal: Transmite mensajes que no son captados por los sentidos pero sí por el subconsciente. Puede encontrarse en fotografías, viñetas, logotipos y hasta en frases con un doble sentido manifestadas como eslóganes publicitarios.

4.2. Redes Sociales

4.2.1. Qué son las redes sociales

Celaya (2008) afirma que “Las redes sociales son lugares en Internet donde las personas publican y comparten todo tipo de información personal y profesional, con terceras personas, conocidos y absolutos desconocidos”.

Es decir, este tipo de programas establecen conexiones entre personas sin importar el lugar en el que se encuentren y superan incluso las barreras de idiomas ya que, gracias a los avances tecnológicos, dos personas que hablen idiomas completamente distintos podrán comunicarse mediante el uso de traductores online u otras aplicaciones. Estas conexiones podrían explicarse con ayuda de la teoría de los seis grados de separación, que fue propuesta originalmente por el húngaro Frigyes Karinthy en 1929 y defendida también por Stanley Milgram en 1967. Milgram realizó un experimento en el que propuso a ciudadanos estadounidenses de distintas ciudades que hicieran llegar una carta a un destinatario completamente desconocido, que vivía a miles de kilómetros de distancia, a través de contactos y gente que creían que podría conocer a dicha persona. Hubo cartas que nunca fueron entregadas, pero las que sí lo fueron, necesitaron únicamente una media de cinco o seis personas para poder llegar a su destino. (Manzano, 2014)

4.2.2. Instagram y TikTok

A partir de los años 2000 los teléfonos móviles comenzaron a incluir nuevas características, de forma que ya no se utilizarían exclusivamente para consultar el correo o escribir mensajes sino que se abrió la posibilidad de que se pudieran utilizar en la vida cotidiana para multitud de situaciones. En 2009 todo tipo de aplicaciones habían salido al mercado, desde Facebook hasta otras como iFart (una aplicación que te permite hacer sonidos con el móvil).

Kevin Systrom, quien estaba trabajando para una empresa llamada *Nextstop*, creó Burbn, una página web en la que una persona podía señalar su ubicación, a dónde pretendía ir y publicar una foto.

En 2010 acudió a una fiesta a la que fueron varios ejecutivos y allí conoció a Steve Anderson, que se sorprendió bastante de que el proyecto de Systrom no tuviera toda-

vía ningún inversor. Anderson se ofreció a invertir en el proyecto con la condición de que Systrom encontrase a alguien que trabajase con él ya que le parecía muy arriesgado emplear tanto dinero siendo solo un fundador. Mike Krieger, quien conocía a Systrom de la universidad, fue quien empezó a trabajar con él.

Juntos decidieron que deberían intentar mejorar su proyecto por lo que surgió la idea de crear una aplicación que inicialmente solo estaría disponible para iPhone. Para crear esta aplicación, a la que llamarían Instagram, tuvieron que fijarse en que fuera algo que no estuviera ya en el mercado, así que decidieron que además de la funcionalidad de subir fotos, se podrían emplear filtros y efectos en las imágenes (Frier, 2020).

Instagram, por lo tanto, es una aplicación y una red social cuyo principal objetivo es permitir a sus usuarios compartir y publicar fotos o videos para que sus seguidores u otras personas puedan verlas. Una cuenta puede ser pública o privada. En este segundo caso solo pueden ver el contenido que se publica aquellas personas de las que el usuario acepta su solicitud de amistad, es decir, a quienes da permiso para poder acceder al contenido de su perfil. Aparte de la publicación de fotos y videos, Instagram ha ido evolucionado y tiene muchas más funciones de las que tenía en su origen como:

- **Reels:** son videos de hasta 90 segundos que permiten añadir textos, filtros de realidad aumentada y utilizar herramientas de audio fáciles.
- **Historias:** son publicaciones que se muestran sólo durante veinticuatro horas y después desaparecen.
- **Messenger:** permite mandar mensajes y compartir publicaciones con otras personas de forma privada.
- **Compra:** permite explorar las últimas tendencias de distintas marcas e influencers.
- **Buscar y explorar:** tienes la opción de encontrar fotos, reels, cuentas interesantes o de famosos y mucho más.
- **Mencionar:** los usuarios tienen la opción de poder etiquetar o mencionar a otras personas en publicaciones tuyas (para que las personas etiquetadas puedan “resubir” esa misma foto aunque, en el caso de influencers, también se utiliza para nombrar a la marca que estás promocionando) o en publicaciones de otras personas

(para que quien haya sido mencionado le salte una notificación y entre a la aplicación a ver esa imagen o video). (Instagram, s.f)

Por otro lado, TikTok fue creado por la empresa china Bytedance Technology. Esta aplicación fue creada en 2016 con el nombre de Douyin y, un año más tarde, Bytedance compró Musical.ly que era una red social estadounidense. De la fusión de ambas redes sociales nació TikTok, una red social que permite crear videos de hasta 60 segundos y subir archivos de hasta tres minutos desde la galería.

Entre ambas aplicaciones podemos encontrar ciertas similitudes como el perfil del usuario que puede ser privado o público, que ambos algoritmos que controlan las aplicaciones se basan en los videos o fotos a los que se les da “me gusta” o “like” e incluso el contenido que se puede ver (Terrádez, 2020). Junto a estos aspectos, las funciones propias de TikTok son:

- **Para ti:** Es un feed (un flujo de contenido por el que te puedes desplazar) de vídeos personalizado según tus intereses e interacciones.
- **Stories:** Te permite subir videos en formatos de hasta 15 segundos que desaparecen pasadas las 24 horas desde el momento de su publicación.
- **Dúos:** La función Dúo permite publicar un video en la parte lateral de un video de otro creador de TikTok.
- **Amigos:** Es un feed personalizado dedicado a los videos de tus amigos. Este feed incluye el contenido de tus seguidores a los que tú también sigues y de otras cuentas recomendadas de la comunidad de TikTok.
- **Compartir:** permite compartir sonidos, creadores, o videos populares con amigos, familiares y la comunidad en general de TikTok a través de otras plataformas de redes sociales o de la opción de mensajes privados de la aplicación. (TikTok, s.f)

A principios de 2020, 800 millones de usuarios habían descargado TikTok posicionando a WhatsApp como la única red social con más descargas que ésta. (Terrádez, 2020)

4.3. Publicidad en las redes sociales

4.3.1. Legislación y regulación de la publicidad

Al menos el 70% de niños entre diez y quince años tienen teléfono móvil pero, al alcanzar el rango de edad de entre dieciséis y dieciocho años, esta cifra se dispara hasta llegar al 95%. Esto hace que los menores queden expuestos a riesgos como el *ciberbullying* (acoso a través de medios digitales), el *sexting* (envío de imágenes propias con connotación sexual) o el *grooming* (un adulto se hace pasar por un niño para hacerle chantaje sexual a la víctima). A todo esto hay que sumarle la cantidad de imágenes o vídeos perturbadores, información falsa y publicidad innecesaria que los jóvenes pueden encontrar en internet. (Organización de Consumidores y Usuarios, s.f)

Para evitar el consumo de esa publicidad no deseada, hay distintas leyes como por ejemplo:

Ley 34/1988 de 11 de noviembre, General de Publicidad: El documento se divide en cuatro títulos: en el primero se presentan las disposiciones generales, qué se considera publicidad o a quiénes se considera destinatarios de ésta; en el segundo se trata la publicidad ilícita; en el Artículo 3 se explica en qué casos es considerada como tal:

Es ilícita:

- a) La publicidad que atente contra la dignidad de la persona o vulnere los valores y derechos reconocidos en la Constitución, especialmente en lo que se refiere a la infancia, la juventud y la mujer.
- b) La publicidad engañosa.
- c) La publicidad desleal.
- d) La publicidad subliminal.
- e) La que infrinja lo dispuesto en la normativa que regule la publicidad de determinados productos, bienes, actividades o servicios.

El tercer título trata sobre los contratos publicitarios. Por ejemplo, el Artículo 13 expresa que “En los contratos publicitarios no podrán incluirse cláusulas de exoneración, imputación o limitación de la responsabilidad frente a terceros en que puedan incurrir las partes como consecuencia de la publicidad.” Por último, el cuarto título se centra en la acción de cesación y rectificación y de los procedimientos

que podrán llevar a cabo los jueces según qué artículo se incumpla. (Código de derecho de la publicidad, 1988)

Ley 25/1994, de 12 de julio: Regula, entre otros aspectos, la publicidad que se considera ilícita en televisión (como el tabaco) y las restricciones de la publicidad de bebidas alcohólicas dirigida a menores y de los mensajes a evitar en la misma, así como la obligación de identificar la publicidad como tal y los porcentajes máximos de tiempo de difusión dedicados a publicidad.

Ley 13/2022, de 7 de julio, General de Comunicación Audiovisual:

- Artículo 4: explica que la comunicación audiovisual debe ser respetuosa con la dignidad humana y los valores constitucionales. También se indica que no debe incitar a la violencia, al odio o a la discriminación contra un grupo o miembros de un grupo por razón de edad, sexo, discapacidad, orientación sexual, identidad de género, expresión de género, raza, color, origen étnico o social, características sexuales o genéticas, lengua, religión o creencias.
- Artículo 6: trata la igualdad de género e imagen de las mujeres, en él se impone que la comunicación audiovisual debe transmitir una imagen igualitaria y no discriminatoria de mujeres y hombres y no debe favorecer, directa o indirectamente, situaciones de discriminación por razón de sexo, desigualdad de las mujeres o que inciten a la violencia sexual o de género. También hay un artículo dedicado a la imagen de las personas con discapacidad en el que se expresa que la comunicación audiovisual debe favorecer una imagen ajustada, respetuosa, apreciativa, inclusiva y libre de estereotipos de las personas con discapacidad.
- Artículo 88: trata la regulación de contenidos audiovisuales para proteger a los menores y otros usuarios. Se obliga a que los prestadores del servicio de intercambio de vídeos a través de plataforma deben adoptar medidas para proteger a los menores de programas, de los vídeos generados por usuarios y de las comunicaciones comerciales audiovisuales que puedan perjudicar su desarrollo físico, mental o moral. También deben proteger a todo el público en general de los programas, de

vídeos generados por usuarios y de las comunicaciones comerciales audiovisuales que incumplan lo establecido en el artículo cuatro (mencionado anteriormente).

Ley 3/1991, de 10 de enero, de Competencia Desleal:

Identifica como prácticas comerciales injustas aquellas en las que un empresario o profesional paga para promover un producto o servicio mediante comunicaciones que no claramente revelan su naturaleza publicitaria, sin incluir imágenes o sonidos fácilmente reconocibles como anuncios.

Reglamento (UE) 679/201: La Unión Europea también hace mención a este tema en su reglamento.

- Artículo 6: se explica que el tratamiento de datos sólo será lícito si se cumple al menos la condición de que el interesado dé su consentimiento para el tratamiento de sus datos personales para uno o varios fines específicos.
- Artículo 8: trata las condiciones aplicables al consentimiento del niño en relación con los servicios de la sociedad de la información y está relacionado con el artículo seis ya que dice que cuando se aplique, en relación con la oferta directa a niños de servicios de la sociedad de la información, el tratamiento de los datos personales de un niño se considerará lícito cuando tenga como mínimo dieciséis años. Si el niño es menor de dieciséis años, tal tratamiento únicamente se considerará lícito si el consentimiento lo dio o autorizó el titular de la patria potestad o tutela sobre el niño, y solo en la medida en que se dio o autorizó. Los Estados miembros podrán establecer por ley una edad inferior a tales fines, siempre que esta no sea inferior a trece años.

A pesar de la legislación existente en ocasiones se han producido incumplimientos de la ley. Por ejemplo, en 2021 TikTok fue denunciado por varias asociaciones de consumidores debido al incumplimiento de la Ley General de Protección de Datos, y fue condenado al pago de una multa de 345 millones de euros. (OCU, 2023). Otro ejemplo lo encontramos en la empresa Meta (dueña de Facebook, Instagram, Messenger, WhatsApp y Oculus), ha sido obligada por la Junta Europea de Protección de Datos a dejar de procesar los datos de los usuarios de Facebook e Instagram para ofrecer publicidad personalizada a cada uno porque incumplía la ley. La solución que Meta ha establecido ha

sido ofrecer una versión de pago para eliminar anuncios y no mostrar publicidad a los menores de dieciocho años. (Pascual, 2023)

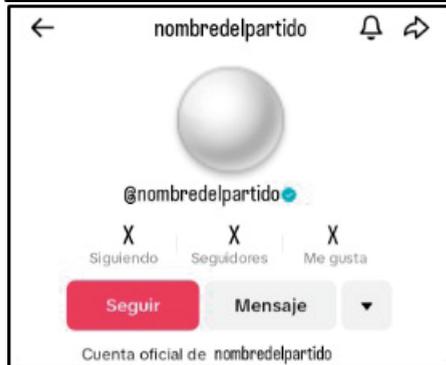
4.3.2. Tipos de publicidad presentes en redes sociales

El mayor problema de la publicidad no es que incite a comprar productos o buscar nuevos destinos para viajes, sino que el interés de las empresas es cambiar y controlar nuestro comportamiento. El Laboratorio de Tecnología Persuasiva, ubicado en la universidad de Stanford (California, Estados Unidos), se encarga de estudiar cómo las empresas, a través de las aplicaciones que utilizamos y las páginas web, intentan influir en el comportamiento de las personas mediante técnicas de persuasión e influencia social.

Cuando comenzaron a desarrollarse las redes sociales se tenía una idea, más o menos generalizada, de que todo en internet debía ser gratis; por lo que las compañías tuvieron que buscar una forma de ganar dinero. Lo primero que se hizo fue empezar a cobrar a los anunciantes por publicitarse en las páginas web y aplicaciones. Después comenzaron a recopilar datos personales para poder dirigir la publicidad a cada usuario para aumentar las ganancias. De este modo, podríamos concluir que para utilizar ciertas aplicaciones no hay que pagar dinero porque ya ofrecemos nuestros datos personales. Por otra parte, las redes aprovechan la importancia que ha adquirido en la actualidad el físico de las personas y sus vidas. Estas publicaciones generan en quien las ve la sensación de tener una vida menos plena o divertida. (Bilinkis, 2019)

A continuación se presentarán unos ejemplos de los distintos tipos de publicidad, mencionados en el apartado 5.1.2, encontrados en redes sociales:

- Propaganda: Algunos de los ejemplos más claros de propaganda se encuentran en las cuentas oficiales de los partidos políticos, ya que son utilizadas principalmente para difundir su ideología. Para comprobar que la cuenta que está proporcionando la información es la oficial, se deben tener en cuenta dos observaciones: la primera sería que al entrar al perfil del partido aparece escrito “cuenta oficial” o algo semejante a “organización política” y la segunda (y más importante) es que aparezca el símbolo de cuenta verificada (tiene una marca con un tick azul).



▲ Figura 1. Ejemplo de la cuenta de Instagram de un partido político. Elaboración propia.

◀ Figura 2. Ejemplo de la cuenta de TikTok de un partido político. Elaboración propia.

Se han seleccionado ejemplos de publicaciones de los 4 partidos más votados según el Ministerio del interior en las elecciones de julio de 2023.

Partido Socialista Obrero Español (PSOE)

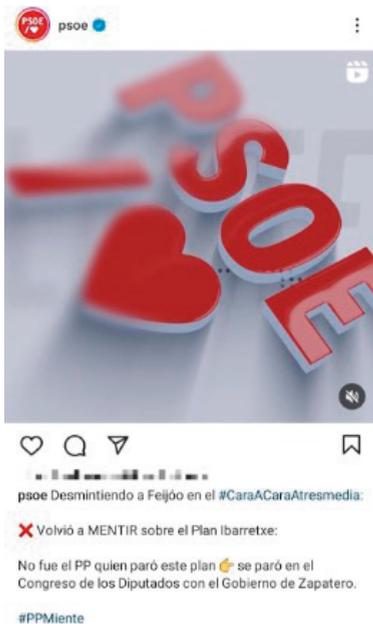


Figura 3. Publicación sobre Alberto Núñez Feijóo. Cuenta oficial del PSOE en Instagram.

Partido Popular (PP)



Figura 4. Publicación sobre la amnistía. Cuenta oficial del PP en Instagram.

VOX



Figura 5. Publicación sobre la amnistía. Cuenta oficial de VOX en TikTok.

Sumar



Figura 6. Publicación sobre feminismo. Cuenta oficial de Sumar en TikTok.

- Publicidad de acuerdo con la forma de pago: se encuentra sobre todo en el feed “para ti” de TikTok o entre publicaciones de otras personas en Instagram.

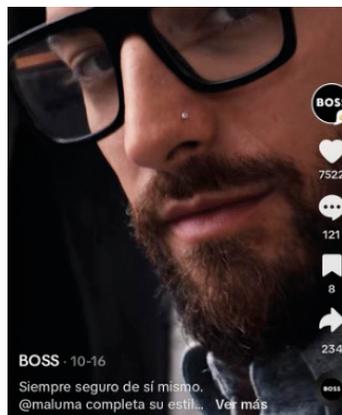


Figura 7. Publicación de la cuenta de TikTok de Hugo Boss publicitando unas gafas. Extraído de la cuenta oficial de Hugo Boss.



Figura 8. Publicación de una cuenta de Instagram publicitando estudios en Estados Unidos. Extraído de la cuenta de select.usa.

- Publicidad en cooperativa: generalmente podemos encontrarla en perfiles de influencers y, a la vez, en los perfiles de las empresas con las que cooperan.



Figura 9. Publicidad en una historia de Instagram de el *influencer* yosoyplex sobre helados Nuii. Extraído de la cuenta oficial de yosoyplex el día 23 de julio de 2023.

- Publicidad de enfoque del mensaje: Los cuatro tipos mencionados anteriormente pueden encontrarse en las redes sociales.

Publicidad en el producto



Figura 10. Publicidad de la marca Bourjois en Instagram. Extraído de la cuenta oficial de Bourjois.

Publicidad institucional



Figura 11. Publicación sobre los impuestos en TikTok. Extraído de la cuenta oficial del Ministerio de Hacienda y Gobierno.

Publicidad de servicio público

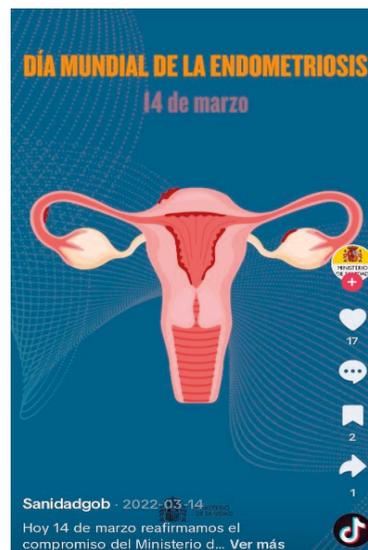


Figura 12. Campaña de concienciación sobre la endometriosis. Extraído de la cuenta del Ministerio de Sanidad.

Publicidad de relaciones públicas

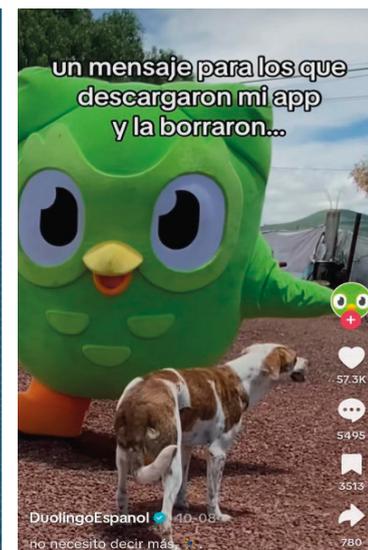


Figura 13. Publicación sobre la aplicación Duolingo. Extraído de la cuenta oficial de Duolingo.

4.3.3. Influencers

La Real Academia Española (s.f.), explica que “la voz *influencer* es un anglicismo usado en referencia a una persona con capacidad para influir sobre otras, principalmente a través de las redes sociales”. Estas personas publican contenidos en las redes sobre temas muy variados. Para explicar este apartado de forma más práctica se harán referencias a los dos *influencers* que más votos han recibido en la encuesta, tal y como queda reflejado en la figura cincuenta y nueve.

En primer lugar está Ibai Llanos, nacido en Bilbao en 1995. Comenzó en la Liga de Videojuegos Profesional (LVP), llegando a ser narrador y presentador en distintos programas. Desde 2020, cuando firmó un contrato con G2 eSports, se dedica a crear contenido en redes sociales.

Actualmente cuenta con casi diez millones de seguidores en Instagram y poco más de diecisiete millones y medio en TikTok. Su contenido se relaciona principalmente con deportes, videojuegos y entrevistas a otros *influencers*. En 2021 protagonizó las campanadas de Nochevieja en directo. (Cotán, s.f)



Figura 14. Perfil de Instagram de Ibai Llanos. Extraído de su cuenta oficial Instagram.



Figura 15. Perfil de TikTok de Ibai Llanos. Extraído de su cuenta oficial de TikTok.

En segundo lugar está Marina Rivera, que empezó haciendo *tiktoks* en el instituto con 17 años y triunfó durante la cuarentena de 2020. Su contenido es muy variado, pero hay marcas como Garnier, NYX Cosmetics o L'Oréal Paris que la han nombrado embajadora. Cuenta con casi dos millones de seguidores en Instagram y más de siete millones en TikTok.

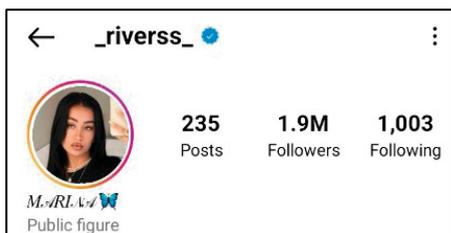


Figura 16. Perfil de Instagram de Marina Rivera. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.



Figura 17. Perfil de TikTok de Marina Rivera. Extraído de su cuenta oficial de TikTok.

Ambos, como *influencers*, deben cuidar sus publicaciones y la publicidad mostrada ya que pueden ser considerados modelos a seguir y es posible que haya gente que no les conozca solo por su triunfo en las redes sociales, sino que también por anuncios o imágenes en otros medios de comunicación. De este modo, su actuación resulta acorde

con la Ley 3/1991, de 10 de enero, de Competencia Desleal mencionada anteriormente. En las imágenes que aparecen a continuación podemos comprobarlo:



Figura 18. Descripción de una de las imágenes publicadas por Marina Rivera. Extraído de su cuenta oficial.

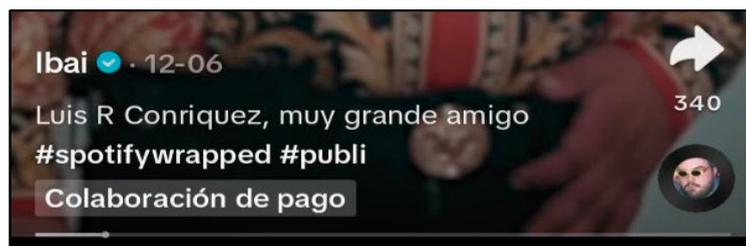


Figura 19. Descripción de uno de los videos publicados por Ibai Llanos. Extraído de su cuenta oficial.

También existen casos en los que los influencers cometen errores y olvidan anunciar que sus publicaciones son publicidad, como fue el caso de Irina Isasia. Esta modelo publicó una imagen anunciando un sérum, etiquetando a la marca y remarcando que era una colaboración pagada. El problema llegó cuando subió una historia a Instagram sobre el sérum y no aparecía en ningún sitio que fuera publicidad, por lo que puede ser considerada publicidad encubierta. (Maldita.es, 2023)



Figura 20. Imagen publicada por Irina Isasia. Extraído de: <https://maldita.es/malditatecnologia/20230608/normas-publicidad-rrss-influencers-plataformas-y-sanciones/>.

5. METODOLOGÍA

Para confirmar la hipótesis propuesta en este proyecto se ha llevado a cabo una recogida de datos y un análisis de los mismos. La recopilación de datos se ha realizado a partir de una muestra de alumnos del IES Guadarrama de 1º y 2º de la ESO y de 1º y 2º de Bachillerato, que han respondido a una encuesta individual.

En la encuesta presentada en el Anexo I se mostraban, junto con unas preguntas generales, imágenes y videos publicados en redes sociales. Los alumnos encuestados debían señalar las publicaciones en las que consideraban que había publicidad.

Dichos datos se han recopilado en una tabla de Excel para poder analizarlos y sacar las conclusiones más importantes.

6. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

6.1. Caracterización de la muestra

Ochenta y cuatro alumnos han realizado la encuesta cuyas preguntas podemos encontrar en el Anexo I y sus correspondientes respuestas en el Anexo II.

Cuarenta de esos alumnos están cursando primero o segundo de la ESO y los cuarenta y cuatro restantes están en primero o segundo de bachillerato, según puede comprobarse en la siguiente gráfica.

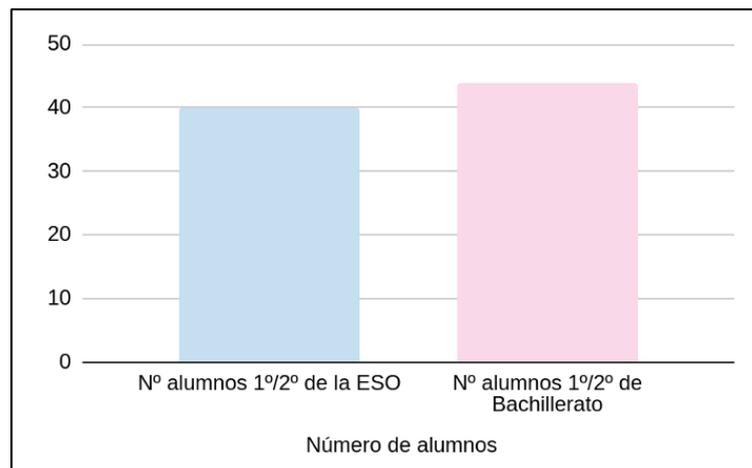


Figura 21. Gráfica de análisis de la pregunta 1. Fuente: Elaboración propia.

6.2. Redes sociales

Podemos ver que las dos redes sociales más utilizadas son Instagram, con el 68,3% de los votos totales, y TikTok, con el 54,9% de votos, aunque esta última fue votada por un número de personas muy cercano al de Youtube.

Analizando los datos de dichas redes se puede ver cómo únicamente el 22,6% de los votantes, es decir, diecisiete personas, no votaron ni a Instagram ni a TikTok, mientras que los votos que ambas aplicaciones recibieron juntas o cada una por separado, fueron respectivamente un total de 37 o el 49,3%. Respecto a Youtube, fue votada junto a Instagram o junto a tiktok veintiuna veces.

Estos datos quedan recogidos en las siguientes dos gráficas.

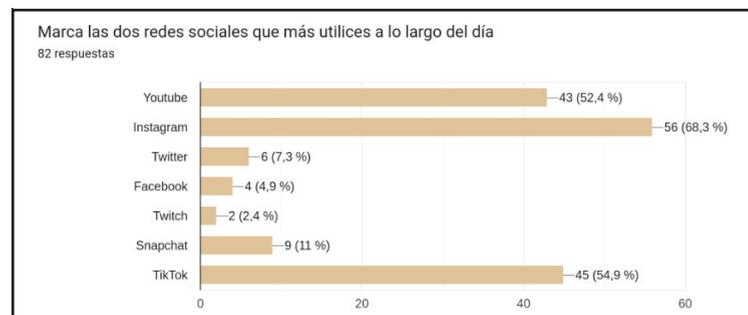


Figura 22. Resultados de la pregunta dos. Fuente propia.

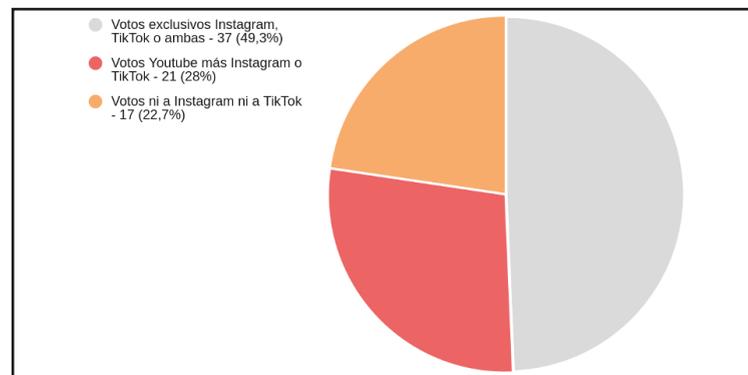


Figura 23. Gráfica de análisis de la pregunta 2. Datos extraídos de la tabla 3 (Anexo III). Fuente: elaboración propia.

6.3. Redes más importantes

En la pregunta cinco, Instagram ha sido seleccionada como la red social más importante según los estudiantes, con cuarenta y cinco votos en total. Veinticinco de ellos pertenecen a alum-

nos de la ESO y los restantes a bachillerato. El segundo y tercer puesto lo ocupan las mismas aplicaciones que en el apartado anterior, en el segundo lugar encontramos a TikTok con 25,6% de los votos totales y después está Youtube con el 14,6%.



Figura 24. Resultados de la pregunta cinco. Fuente propia.

6.4. Publicidad

Las preguntas tres, cuatro y ocho de la encuesta tratan sobre la publicidad. Setenta y cuatro personas niegan pararse a mirar un anuncio cuando aparece alguno en las redes sociales (pregunta tres). Se puede observar que, respecto a esta pregunta, los estudiantes que pertenecen a ambas franjas de edad están de acuerdo; algo parecido a lo que sucede con la pregunta cuatro, en la que sesenta y un alumnos marcaban que la publicidad en las redes sociales les parecía excesiva, sobre todo en Youtube (en la pregunta 5).

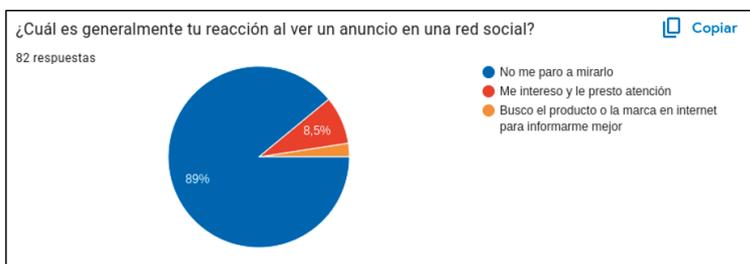


Figura 25. Resultados de la pregunta tres. Fuente propia.

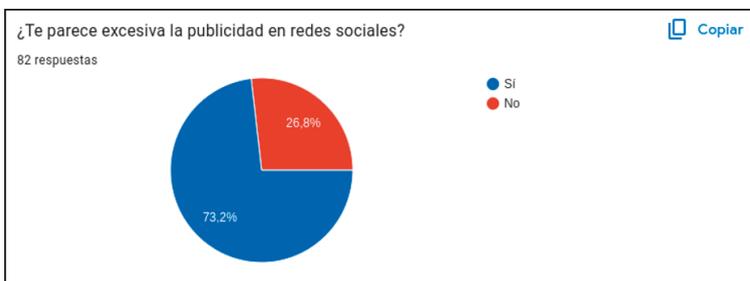


Figura 26. Resultados de la pregunta cuatro. Fuente propia.

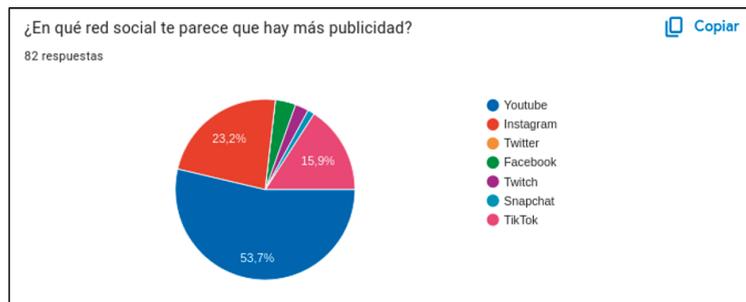


Figura 27. Resultados de la pregunta ocho. Fuente propia.

6.5. Uso de las redes

Otra de las respuestas con las que más estuvieron de acuerdo los entrevistados de ambas edades, es el fin con el que utilizan las redes sociales (pregunta nueve). Casi el 90% del total de la muestra estuvo de acuerdo con que las utilizan para entretenerse. En cuanto a la diferencia de edad, solo hubo un voto más de la ESO que de bachillerato. Los datos se pueden comprobar en las siguientes gráficas.

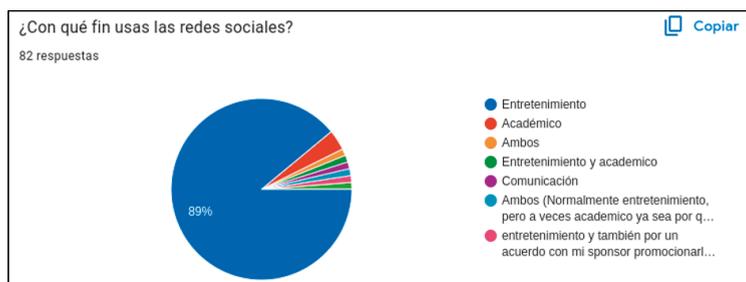


Figura 28. Resultados de la pregunta nueve. Fuente propia.

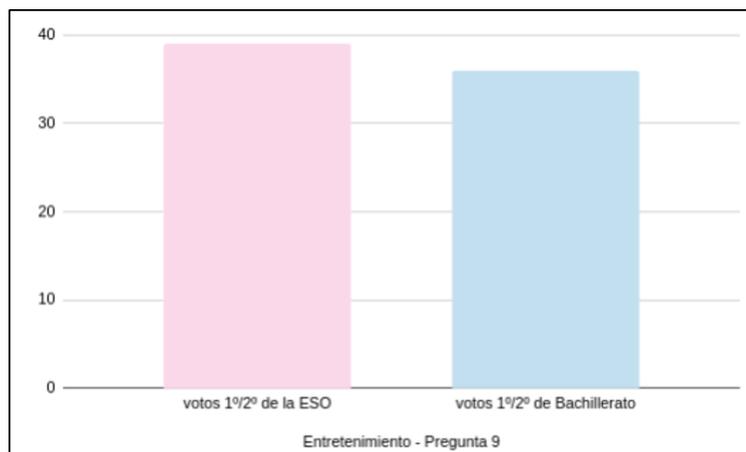


Figura 29. Gráfica de análisis de la pregunta 9. Datos extraídos de la tabla 2 (Anexo III). Elaboración propia.

6.6. Influencers

Respecto a los *influencers*, solo un 6% de la muestra votó que el contenido que pudieran subir a sus redes sociales les afectara mucho; mientras que el resto de votos están distribuidos de manera bastante equitativa entre las tres soluciones, siendo la respuesta “Algo” la más repetida. Esta opción ha sido elegida sobre todo por alumnos de 1º y 2º de la ESO (diecisiete votos) ya que solo han optado doce alumnos de bachillerato por esta opción.

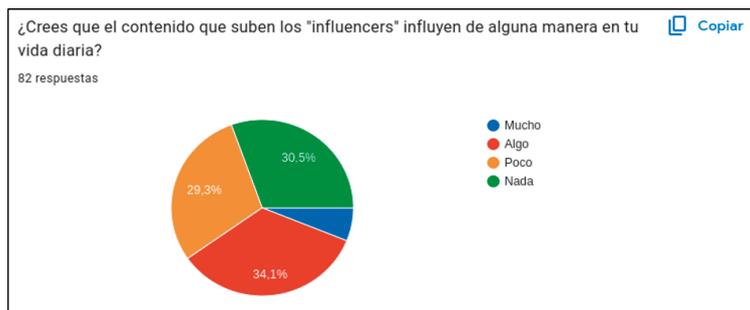


Figura 30. Resultados de la pregunta seis. Fuente propia.

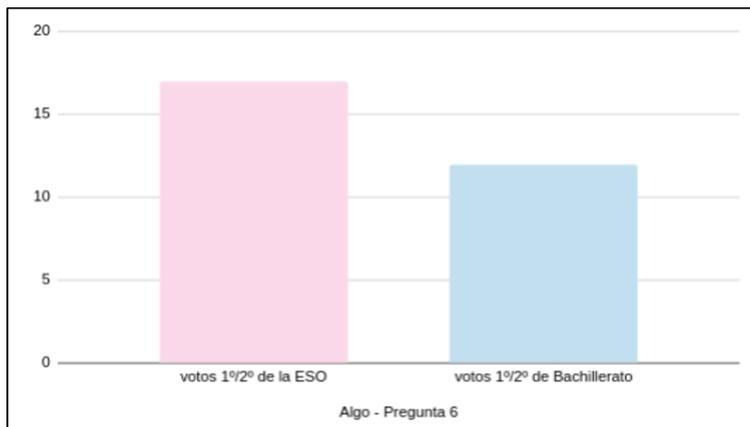


Figura 31. Gráfica de análisis de la pregunta 6. Datos extraídos de la tabla 2 (Anexo III). Fuente: Elaboración propia.

De los seis *influencers* que se mostraron en la pregunta siete, los más votados han sido Marina Rivera, con el 53,7% votos, e Ibai Llanos, con más del 80% de votos.

Hubo una gran cantidad de alumnos que votaron exclusivamente por estos dos *influencers*, más específicamente treinta y seis. El resto de los alumnos votaron por cada uno de ellos por separado, junto a otro influencer del listado. Así, treinta y cinco lo hicieron por Ibai; y diez por Marina.

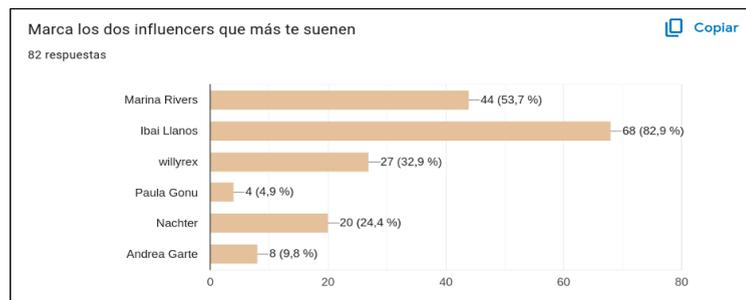


Figura 32. Resultados de la pregunta siete. Fuente propia.

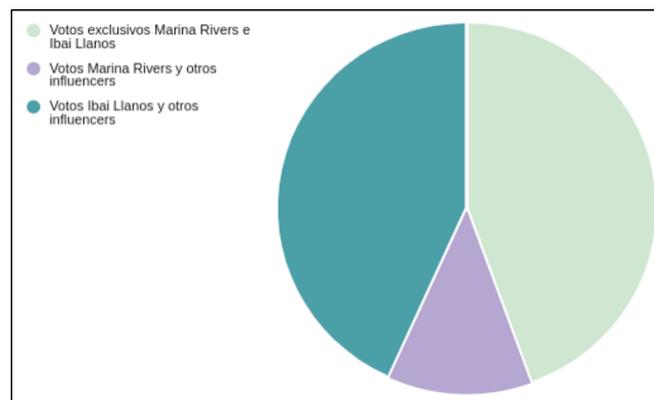


Figura 33. Gráfica de análisis de la pregunta 6. Datos extraídos de la tabla 4 (Anexo III). Fuente: Elaboración propia.

6.7. Imágenes y vídeos

Las siguientes seis preguntas de la encuesta consistían en una serie de imágenes y vídeos sobre los que los alumnos tenían que decidir si contenían publicidad o no. Las preguntas diez, once y doce contenían imágenes.

En la pregunta diez se presentaban tres imágenes entre las que la imagen dos era la única con fines publicitarios. Los resultados más votados fueron que había publicidad en todas las imágenes o que había en la segunda.

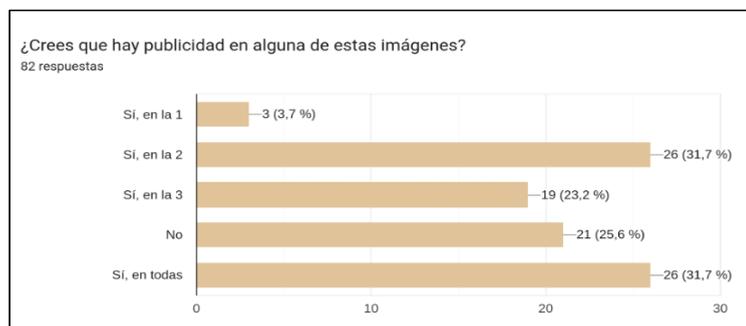


Figura 34. Resultados de la pregunta diez. Fuente propia.

Al dividir estos datos en las dos franjas de edad estudiadas, se puede ver que del 12,6% de alumnos que decidieron que únicamente la respuesta dos era la correcta, el 53,33% están cursando bachillerato y el 46,67% restante la ESO. Mientras que la opción de que todas las imágenes eran publicitarias fue elegida por veinticinco estudiantes, veinte de bachillerato y cinco de la eso. Estos datos se pueden comprobar en la tabla cinco del Anexo III.

En la pregunta once la primera y la tercera imagen eran las que contaban con publicidad; y las respuestas más votadas fueron que hay publicidad en la primera imagen o en todas.

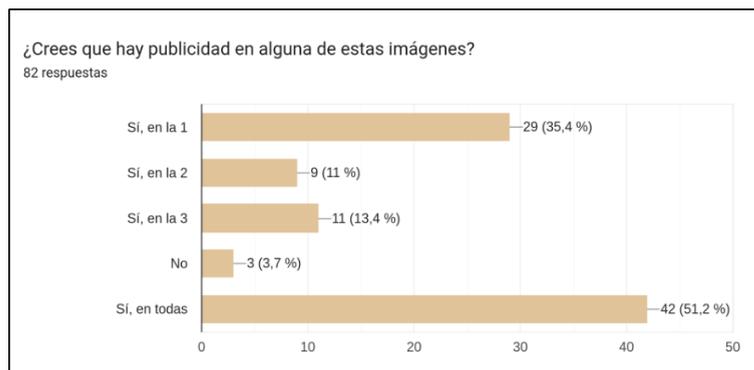


Figura 35. Resultados de la pregunta once. Fuente propia.

Solo fueron capaces de detectar la publicidad un 5,88% de alumnos, cuatro de ellos de la eso y tres de bachillerato (representado en la tabla cinco del Anexo III).

Los resultados de la pregunta doce pueden resultar llamativos puesto que la publicidad se encontraba en la segunda y tercera imagen mientras que las respuestas más repetidas fueron la imagen uno o todas, por lo que ningún alumno de ninguna de las dos franjas de edad encuestadas acertó.

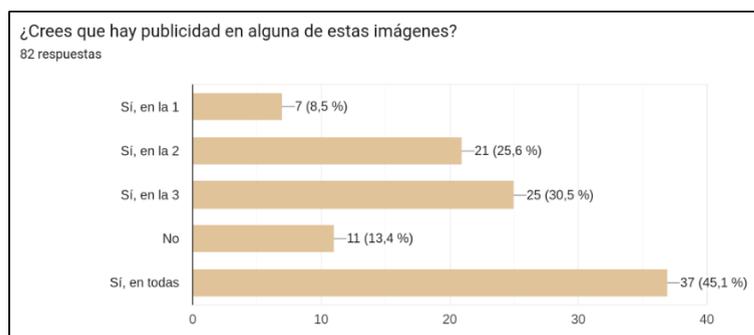


Figura 36. Resultados de la pregunta doce. Fuente propia.

La pregunta trece, la última con imágenes, tuvo como resultados más votados la imagen dos y la uno (siendo ambas las respuestas correctas), aunque la imagen uno obtuvo los mismos votos que la opción en la que se decía que no había publicidad en ninguna imagen.

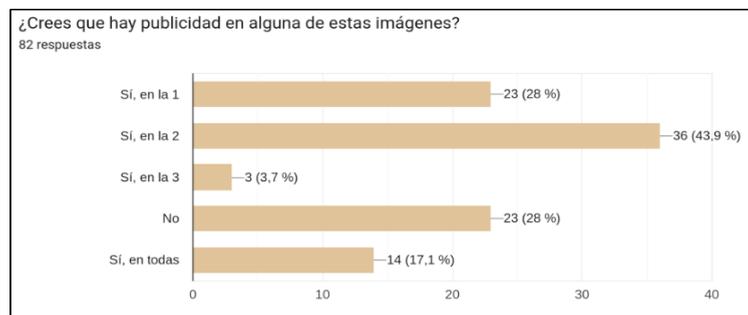


Figura 37. Resultados de la pregunta trece. Fuente propia.

En total, los votos a las imágenes uno y dos juntas fueron un 14,28% de los votos totales, once de alumnos de bachillerato y seis de la ESO. Estos datos quedan reflejados en la tabla cinco del Anexo III.

En cuanto a los videos de TikTok ha habido más aciertos que fallos. Aunque en la pregunta 14 la mayoría de alumnos votaron que había publicidad en todas las imágenes o solo en la primera, siendo solamente la imagen uno la correcta.

Hubo una gran diferencia de edad con respecto a esta decisión porque el 72,22% de los dieciocho alumnos que eligieron la respuesta correcta están cursando bachillerato, y los cinco restantes la ESO. Estos datos se pueden comprobar en la tabla cinco del Anexo III y en la siguiente gráfica.

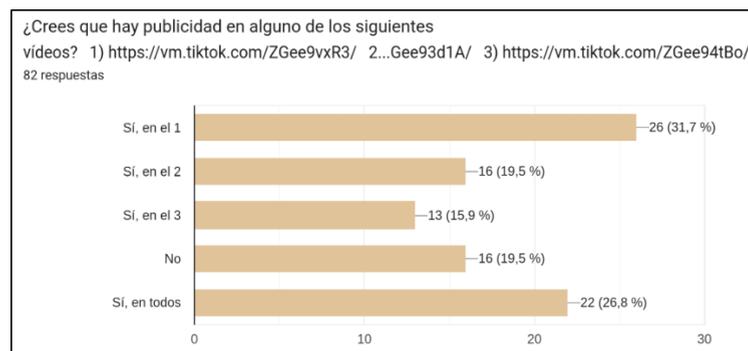


Figura 38. Resultados de la pregunta catorce. Fuente propia.

La pregunta quince es la última de este apartado, y en la que los resultados han sido los mejores, siendo la opción

que indica que hay publicidad en todos los vídeos la más votada y la correcta. En total el 54,54% de los alumnos de bachillerato y el 50% de los alumnos de la ESO eligieron esta respuesta, siendo así la pregunta con más aciertos.

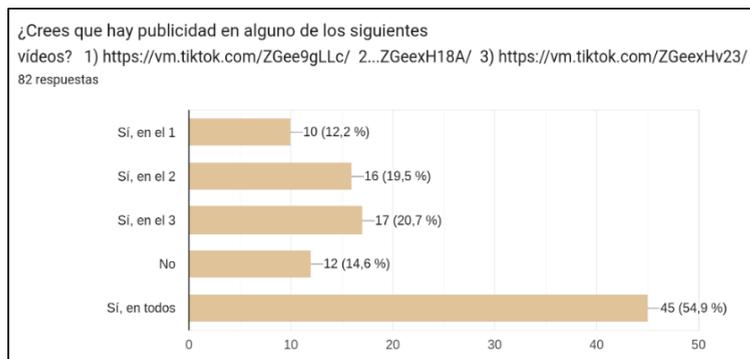


Figura 39. Resultados de la pregunta quince. Fuente propia.

6.8. Publicidad subliminal

La última pregunta del cuestionario consistía en elegir entre las siguientes tiendas: Amazon, Aliexpress, Ikea y Leroy Merlín. Con esta pregunta se pretendía comprobar cuántos alumnos percibían la publicidad subliminal de la siguiente imagen, que reproduce en cierto modo el logo de Ikea y se encontraba encima del título del cuestionario. La mayoría de encuestados votaron Leroy Merlín, dejando a Ikea en segundo lugar como la tienda más votada.



Figura 40. Publicidad subliminal de Ikea. Extraído de: <https://www.puromarketing.com/126/212640/como-mensajes-subliminales-estan-volviendo-virales-como-marcas-publicidad-pueden-aprovecharlos-forma-creativa> .

7. MARGEN DE ERROR Y COMPLICACIONES

- Menos de cien alumnos realizaron la encuesta, por lo que la muestra es demasiado escasa para poder afirmar

que las conclusiones obtenidas son completamente verídicas y precisas.

- Al no realizar una encuesta distinta para cada franja de edad, hubo que tratar los datos de forma manual ya que la información estaba mezclada. Este proceso puede introducir errores dado que los datos no son tan precisos como podrían haber sido en un principio ya que al organizarlos y realizar cálculos a mano hay más probabilidad de cometer fallos.
- La identificación de ejemplos de publicidad subliminal resulta muy complicada debido a que se presenta de manera casi imperceptible u oculta.
- La entrevista no pudo llevarse a cabo debido a la dificultad de establecer contacto con la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU). A pesar de los correos enviados jamás obtuvimos respuesta alguna.
- Se ha experimentado un retraso significativo en el proyecto debido a la tardanza en definir y delimitar el tema. Esta demora inicial afectó a la planificación, organización y ejecución posterior. Además, se produjo un cambio en el tutor asignado que afectó a la continuidad y la dirección del trabajo, dado que cada tutor tiene enfoques, estilos y expectativas diferentes.
- La limitación de tiempo impidió llevar a cabo un análisis exhaustivo de una cantidad mayor de datos. También nos vimos en la obligación de descartar muchos puntos del marco teórico, como una comparativa entre las características de varios *influencers*.

8. CONCLUSIONES

8.1. Conclusiones específicas

8.1.1. Redes sociales

Podemos confirmar la primera parte de la hipótesis gracias al número de votos recibidos por Instagram y TikTok.

Puesto que solo diecisiete personas decidieron no votar a ninguna de estas redes sociales, podemos concluir que tanto para los alumnos encuestados de la ESO como para los de bachillerato Instagram y TikTok son las dos redes sociales más utilizadas.

8.1.2. Redes más importantes

A parte de ser las redes más utilizadas, Instagram ha sido calificada como la red más importante para los alumnos que rellenaron la encuesta, con TikTok en el segundo lugar. Esto también ayuda a corroborar la primera parte de la hipótesis puesto que al ser consideradas las redes más importantes son a las que más tiempo se les dedica.

8.1.3. Publicidad

En cuanto a publicidad, Youtube fue votada como la red social con más publicidad, dejando a TikTok e Instagram en segundo lugar. Lo que podría significar dos cosas: o los encuestados no perciben la publicidad en esas redes sociales o realmente tienen la sensación de que no hay tanta publicidad en ellas.

En las otras preguntas sobre este tema la mayoría de votos fueron dirigidos a que la publicidad era excesiva, este dato puede resultar subjetivo ya que la publicidad en Youtube se presenta de forma distinta, aunque quizás más invasiva, que la mostrada en Instagram y TikTok.

8.1.4. Influencers y uso de las redes

La gran mayoría de alumnos utilizan las redes para el entretenimiento, de modo que implicaría ver lo que publican los *influencers*, aunque un 20,24 % de los alumnos afirma no verse muy condicionado por sus contenidos.

8.1.5. Imágenes y videos

Imágenes (Instagram)

De los ochenta y cuatro encuestados en ninguna de las cuatro preguntas sobre publicidad en imágenes acertaron más de veinte personas. Sí que hubo gente que acertó en una imagen o dos, pero nunca al completo. Además se puede ver que el número de alumnos de bachillerato que aciertan es ligeramente más alto que el de alumnos de la ESO, un dato que tiene sentido ya que los alumnos mayores tienen más experiencia en el campo de las redes sociales. De todas formas, en general estos datos resultan alarmantes ya que confirman que por lo menos en Instagram los alumnos no son capaces de percibir toda la publicidad mostrada.

Videos (TikTok)

Aunque en una de las preguntas los datos han salido parecidos a los de Instagram, en la otra más de la mitad

de alumnos han acertado, con un número un poco mayor de aciertos de bachillerato que de la ESO. Aunque la percepción sobre la publicidad que tienen los alumnos de Bachillerato está más afinada, la mejora de resultados en los alumnos de ESO podría tener que ver con que la publicidad en TikTok se detecta más fácilmente.

8.2. Conclusiones generales

- Como principal conclusión, podemos extraer que los alumnos de 1º y 2º de la ESO y 1º y 2º de Bachillerato parecen tener dificultades para percibir la totalidad de la publicidad en las redes sociales.
- A pesar de no cumplir con la edad mínima requerida, muchos alumnos de primero y segundo de la ESO utilizan las redes sociales. Tanto Instagram como TikTok establecen en sus políticas que se debe tener al menos trece años para registrarse, solicitando la edad al crear una cuenta. Sin embargo, aún con estas regulaciones, muchos menores de trece años hacen caso omiso a estas restricciones logrando acceder a estas plataformas.
- Los datos de las encuestas muestran que los estudiantes de la ESO tienden a percibir la publicidad con menor claridad en comparación con los estudiantes de bachillerato. Sin embargo la diferencia no es excesivamente amplia.
- Se podría decir que las redes sociales han evolucionado hasta lo que se podría considerar "redes de publicidad", dado que resulta sumamente complejo no encontrar contenidos promocionales, ya sea en publicaciones de influencers o perfiles convencionales.
- En definitiva, a partir de la hipótesis propuesta, queda comprobado, en primer lugar, que Tik Tok e Instagram son las dos redes sociales más utilizadas; y en segundo lugar, podemos constatar que los adolescentes no son siempre conscientes de la publicidad en las redes. Sin embargo, esta afirmación no ha sido plenamente verificable debido al reducido tamaño de la muestra.

8.3. Propuesta para detectar de forma consciente la publicidad

- Como primera propuesta para la detección consciente de la publicidad, podríamos establecer el que se cumpla la edad mínima para el uso de las redes sociales, para

lo que habría que establecer controles más adecuados por parte, tanto de las redes sociales como de los padres o tutores de los menores de edad. Al respecto, la Agencia Española de Protección de Datos presentó el día 14 de diciembre de 2023 una propuesta para la realización de un sistema de verificación de edad a través de tres pruebas de concepto para proteger a los menores de edad ante el acceso a contenidos de adultos en Internet. (Agencia Española de Protección de Datos, 2023)

- En segundo lugar, para las publicaciones que cumplen la legislación, resulta relevante verificar si la publicación contiene términos como "Publicidad" o "Publi", normalmente ubicados en las descripciones de fotos o vídeos acompañados de un hashtag (#). También es importante observar si hay alguna referencia a una marca o si aparece etiquetada con el símbolo "@" en la publicación. Estos indicadores y otros como la etiqueta de "Colaboración de pago" suelen ser utilizados para señalar contenido promocional o patrocinado en las redes sociales, ofreciendo pistas visibles para identificar la publicidad.
- Es crucial mantener un enfoque crítico al navegar en redes sociales, ya que la presencia de un producto en una publicación suele indicar contenido publicitario. Aunque la cuenta sea desconocida o pertenezca a un influencer no habitualmente vinculado a la publicidad, es prudente asumir que se trata de contenido promocional.
- Finalmente, es fundamental fomentar el espíritu crítico de los adolescentes para que examinen con cuidado las publicaciones teniendo en cuenta que no toda la información que aparece en las redes sociales es necesariamente fiable o verificable, especialmente cuando se trata de contenido publicitario que tiende a resaltar aspectos favorables del producto.

9. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Cómo próximas líneas de investigación propongo las siguientes:

- El impacto psicológico de las redes sociales en los adolescentes: se abordaría de qué manera el uso de redes sociales puede afectar a la autoestima, el bienestar emo-

cional, la imagen corporal, la salud mental y a los gustos de los adolescentes.

- Análisis de los contenidos compartidos en redes sociales: la investigación se centraría en analizar el tipo de contenido compartido en redes sociales, especialmente aquel que resulta inapropiado para los adolescentes. Se podría explorar la naturaleza de este contenido inadecuado, como la presencia de violencia, contenido sexual, lenguaje inapropiado o mensajes perjudiciales. Además, se buscaría comprender qué empuja a los adolescentes a compartir este tipo de contenidos y cómo impactan en la percepción, comportamiento y bienestar emocional de los adolescentes que los reciben.
- El tiempo dedicado a las redes sociales: se podría analizar la relevancia del contenido consumido en redes sociales, investigando la proporción de contenido trivial o superficial en comparación con contenido valioso o significativo. Estos datos se podrían relacionar con las adicciones ya que de alguna manera, las redes consiguen llamar la atención de sus usuarios.
- Análisis de contenido de los influencers: consistiría en analizar los orígenes o cómo llegaron a ser conocidos los influencers más destacables de España y una comparativa entre el contenido que publican y a quién va dirigido.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, D. ; Escobar, E. y Villa, R. (s.f) INFORME-ENCUESTA REDES SOCIALES Y PUBLICIDAD https://www.icane.es/c/document_library/get_file?uuid=ce-d58a22-dda0-4dd2-b94e-f4d80dc1cf94&groupId=10138
- Agencia Española de Protección de Datos (2023) La AEPD presenta un sistema de verificación de edad para proteger a los menores de edad ante el acceso a contenidos de adultos en Internet <https://www.aepd.es/prensa-y-comunicacion/notas-de-prensa/aepd-presenta-sistema-verificacion-edad-para-proteger-a-menores-de-edad>
- Bilinkis, S. (2019) Cómo nos manipulan en las redes sociales. <https://www.youtube.com/watch?v=8nKCA9h-7BA>
- Celaya, J. (2008) La Empresa en la WEB 2.0. Editorial Grupo Planeta, España.
- Código de derecho de la publicidad. Ley 34 de 1988. Artículos 3 y 13. 15 de noviembre de 1988. <https://www.boe.es/boe/dias/1988/11/15/pdfs/A32464-32467.pdf>

- Cotán, A. M^a. (s.f) EL FENÓMENO STREAMER. ESTUDIO DE CUATRO CASOS REPRESENTATIVOS EN ESPAÑA: IBAI LLANOS, ‘NANÍSIMO’, EL RUBIUS Y ‘THEGRE-FG’. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/126294/PER_COTANGARCIA_TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Erikson, B. F. (2010) La publicidad <https://books.google.es/books?id=zHTpDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Frier, S. (2020) No Filter: The Inside Story of Instagram <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eDFAEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=instagram+history&ots=WgO9o-4ymv5&sig=NwBlcv0-F6C18VweBRTKHQ-Dv78#v=onepage&q=instagram%20history&f=false>
- Fischer, L. y Espejo, J. (2004:204) Mercadotecnia https://www.academia.edu/41601891/MERCADOTECNIA_Laura_Fischer_y_Jorge_Espejo
- Godoy, A. C. (2008) Historia de la publicidad <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UFpC52A99dEC&oi=fnd&pg=PP13&dq=historia+de+la+publicidad&ots=B2WHf-21bWG&sig=P6ldBuxwiS5nM4dp7qlyxdSu8z8#v=onepage&q=historia%20de%20la%20publicidad&f=true>
- Instagram (s.f) <https://about.instagram.com/es-la/features>
- Ley 34 de 1988. General de Publicidad. 11 de noviembre de 1988. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1988-26156>
- Ley 3 de 1991. De Competencia Desleal. 10 de enero de 1991. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1991/BOE-A-1991-628-consolidado.pdf>
- Ley 25 de 1994. 12 de julio de 1994. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1994-16224>
- Ley 13 de 2022. General de Comunicación Audiovisual. 7 de julio de 2022. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/07/08/pdfs/BOE-A-2022-11311.pdf>
- Luján, I. (2016) La invención de la imprenta y su impacto en la historia. Universidad de Valencia. <https://www.uv.es/uvweb/master-historia-formacion-mundo-occidental/es/blog/invencion-imprenta-impacto-historia-1285960141137/Gase-taRecerca.html?id=1285961209839>
- Maldita.es (2023) Normas de publicidad para influencers en redes sociales: qué dice la ley, qué establecen las plataformas y qué sanciones pueden recibir <https://maldita.es/malditatecnologia/20230608/normas-publicidad-rrss-influencers-plataformas-y-sanciones/>
- Manzano, A. B. (2014) Un modelo explicativo de la teoría de los 6 grados de separación y su aplicación a la enseñanza. Universidad Camilo José Cela
- Martí, J. ; Cabrera, Y. y Aldás, J. (2012) La publicidad actual: retos y oportunidades <https://core.ac.uk/download/pdf/38818568.pdf>
- Ministerio del interior (2023) Elecciones generales julio 2023 <https://resultados.generales23j.es/es/inicio/0>
- Organización de consumidores y usuarios [OCU] (s.f) Cómo proteger a los menores en Internet <https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/consejos/como-proteger-menores> OCU (2023) Protección de Datos multa a TikTok <https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/noticias/multa-tiktok>
- Pascual, M. G. (2 de noviembre de 2023) Europa prohíbe a Meta procesar datos de los usuarios para servirles publicidad personalizada. El País. <https://elpais.com/tecnologia/2023-11-02/europa-prohibe-a-meta-procesar-datos-de-los-usuarios-para-servirles-publicidad-personalizada.html>
- Ramírez, V. M. (2021) Análisis de la Historia de la Publicidad. Universidad de San Carlos de Guatemala. https://issuu.com/sofamansilla1606/docs/historia_de_la_publicidad
- Real Academia Española (s.f.) <https://dle.rae.es/publicidad?m=form>
- Reglamento (UE) 679/2016 <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>
- Rocha, E. A. (2017) Publicidad (pp. 27-28)
- Terrádez, N. (2020) TIK TOK: UNA EXPLORACIÓN SOBRE LA DIFUSIÓN DE LOS ESTEREOTIPOS SOCIALES. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42968/TFG-N.%201420.pdf?sequence=1>
- TikTok (s.f) <https://support.tiktok.com/es/using-tiktok/creating-videos>

11. ANEXOS

11.1. Anexo I

Preguntas realizadas en la encuesta:

1. Indica tu curso

- 1º/2º de la ESO
- 1º/2º de Bachillerato

2. Marca las dos redes sociales que más utilices a lo largo del día

- Youtube
- Instagram
- Twitter
- Facebook
- Twitch
- Snapchat
- TikTok

3. ¿Cuál es generalmente tu reacción al ver un anuncio en una red social?

- No me paro a mirarlo
- Me intereso y le presto atención
- Busco el producto o la marca en internet para informarme mejor

(Pregunta adaptada de Alonso, Escobar y Villa, s.f)

4. ¿Te parece excesiva la publicidad en redes sociales?

- Sí
- No

(Pregunta adaptada de Alonso, Escobar y Villa, s.f)

5. ¿Cuál consideras la red social más importante en la actualidad?

- Youtube
- Instagram
- Twitter
- Facebook
- Twitch
- Snapchat
- TikTok

(Pregunta adaptada de Alonso, Escobar y Villa, s.f)

6. ¿Crees que el contenido que suben los "influencers" influyen de alguna manera en tu vida diaria?

- Mucho
- Algo
- Poco
- Nada

(Pregunta adaptada de Alonso, Escobar y Villa, s.f)

7. Marca los dos influencers que más te suenen

- Marina Rivers
- Ibai Llanos
- willyrex

- Paula Gonu
- Nachter
- Andrea Garte

8. ¿En qué red social te parece que hay más publicidad?

- Youtube
- Instagram
- Twitter
- Facebook
- Twitch
- Snapchat
- TikTok

(Pregunta adaptada de Alonso, Escobar y Villa, s.f)

9. ¿Con qué fin usas las redes sociales?

- Entretenimiento
- Académico
- Otra...

(Pregunta adaptada de Alonso, Escobar y Villa, s.f)

10. ¿Crees que hay publicidad en alguna de estas imágenes?

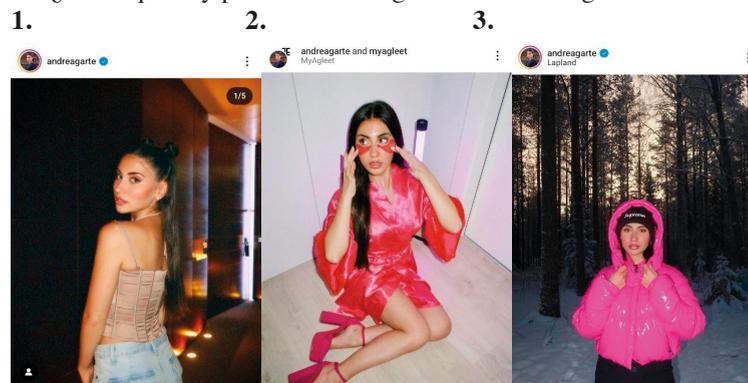


Figura 41. 1. Publicación de Andrea Garte. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

Figura 42. 2. Publicación de Andrea Garte en colaboración con su marca de zapatos MyAgleet. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

Figura 43. 3. Publicación de Andrea Garte en Laponia. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

11. ¿Crees que hay publicidad en alguna de estas imágenes?



Figura 44. 1. Publicación de Ibai Llanos sobre un corto de Netflix. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

Figura 45. **2.** Imagen de Ibai Llanos con el jugador Leo Messi. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

Figura 46. **3.** Imagen de Ibai Llanos con el jugador Ronaldinho sobre un equipo de fútbol. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

12. ¿Crees que hay publicidad en alguna de estas imágenes?



Figura 47. **1.** Publicación de willyrex en Francia. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

Figura 48. **2.** Publicación de willyrex con una cerveza en Ibiza. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

Figura 49. **3.** Publicación de willyrex sobre una colonia de la marca Douglas. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

13. ¿Crees que hay publicidad en alguna de estas imágenes?

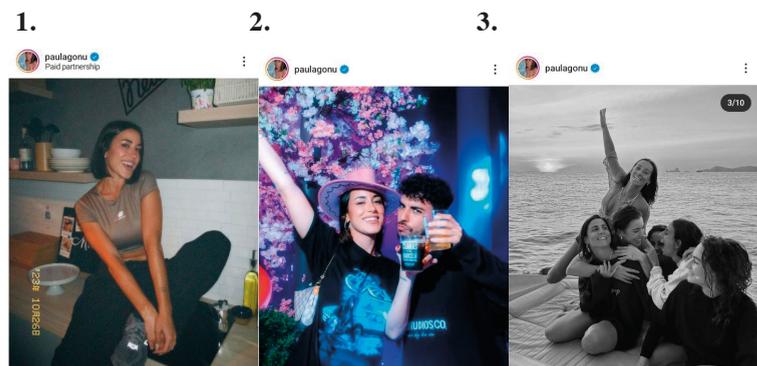


Figura 50. **1.** Publicación de Paula Gonu sobre ropa de El Corte Inglés. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

Figura 51. **2.** Publicación de Paula Gonu en un festival con una copa de Barceló. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

Figura 52. **3.** Publicación de Paula Gonu en un viaje. Extraído de su cuenta oficial de Instagram.

14. ¿Crees que hay publicidad en alguno de los siguientes vídeos?

1) <https://vm.tiktok.com/ZGee9vxR3/>

2) <https://vm.tiktok.com/ZGee93d1A/>

3) <https://vm.tiktok.com/ZGee94tBo/>

(Extraídos de la cuenta oficial de TikTok de Pablo Meixe y HBOmax españa)

15. ¿Crees que hay publicidad en alguno de los siguientes vídeos?

1) <https://vm.tiktok.com/ZGee9gLLc/>

2) <https://vm.tiktok.com/ZGeexH18A/>

3) <https://vm.tiktok.com/ZGeexHv23/>

(Extraídos de la cuenta oficial de TikTok de Diego Nister)

16. Sin pensarlo demasiado, señala una tienda o marca

- Amazon
- Aliexpress
- Ikea
- Leroy Merlín

11.2. Anexo II

Respuestas a la encuesta:

Pregunta 1

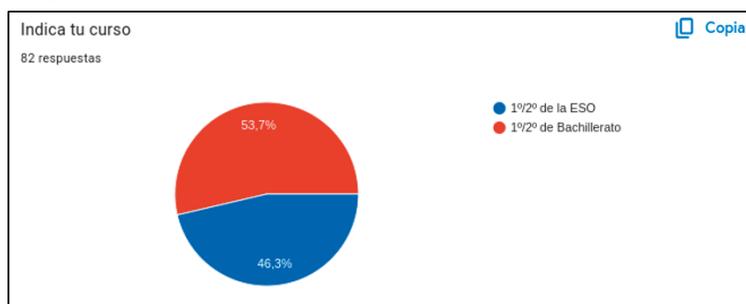


Figura 53. Resultados de la pregunta 1. Fuente propia.

Pregunta 2

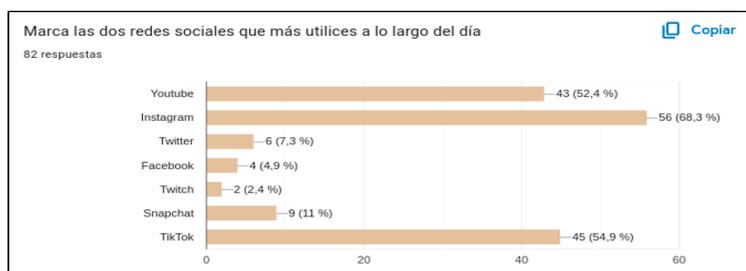


Figura 54. Resultados de la pregunta dos. Fuente propia.

Pregunta 3

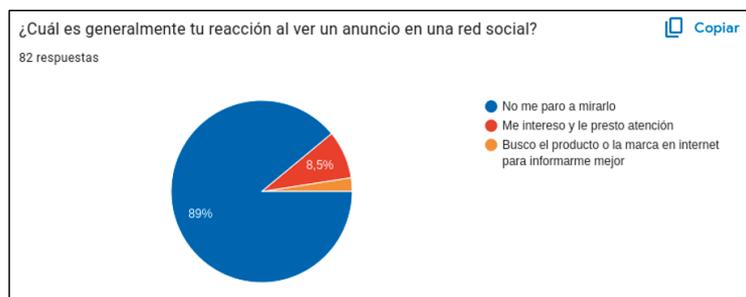


Figura 55. Resultados de la pregunta tres. Fuente propia.

Pregunta 4

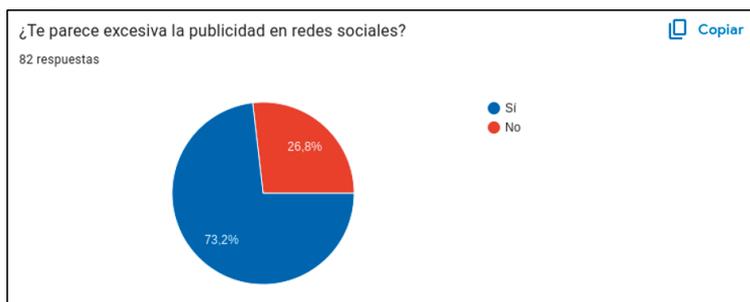


Figura 56. Resultados de la pregunta cuatro. Fuente propia.

Pregunta 5

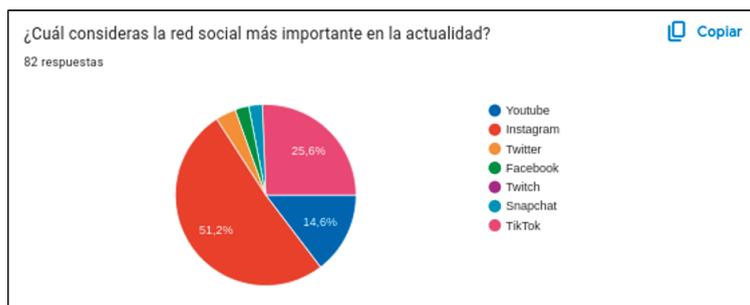


Figura 57. Resultados de la pregunta cinco. Fuente propia.

Pregunta 6

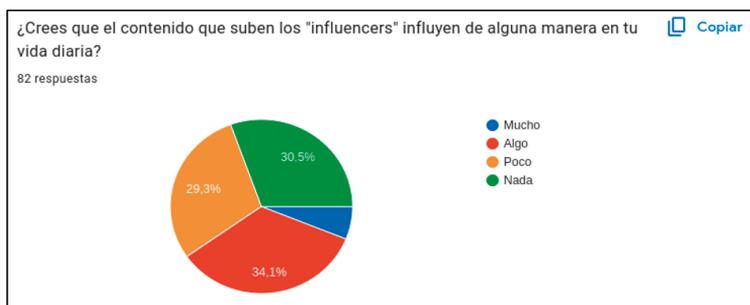


Figura 58. Resultados de la pregunta seis. Fuente propia.

Pregunta 7

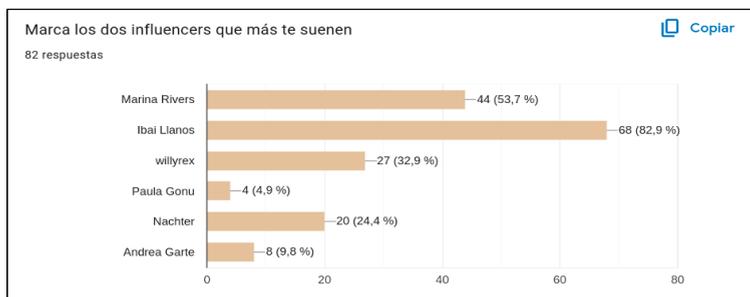


Figura 59. Resultados de la pregunta siete. Fuente propia.

Pregunta 8

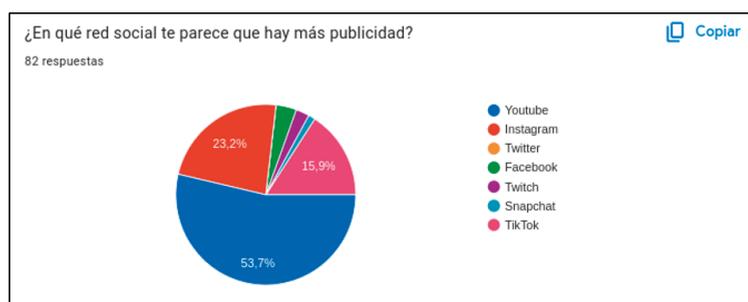


Figura 60. Resultados de la pregunta ocho. Fuente propia.

Pregunta 9

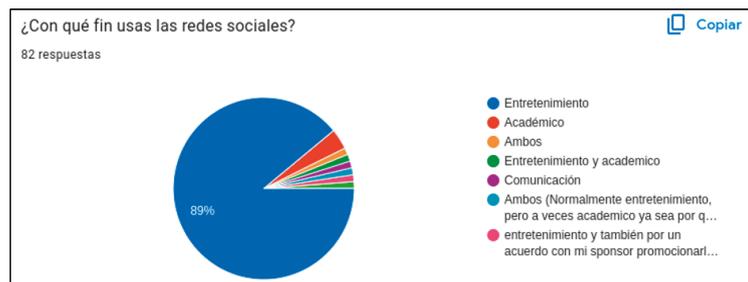


Figura 61. Resultados de la pregunta nueve. Fuente propia.

Pregunta 10

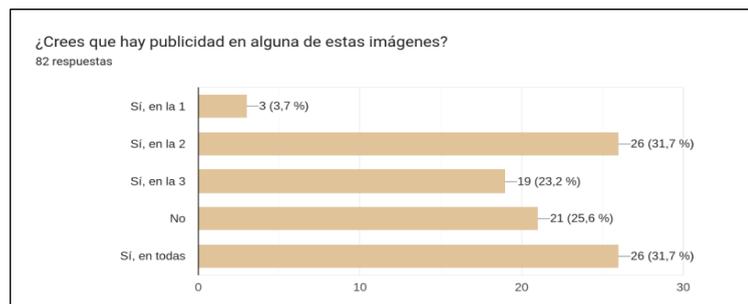


Figura 62. Resultados de la pregunta diez. Fuente propia.

Pregunta 11

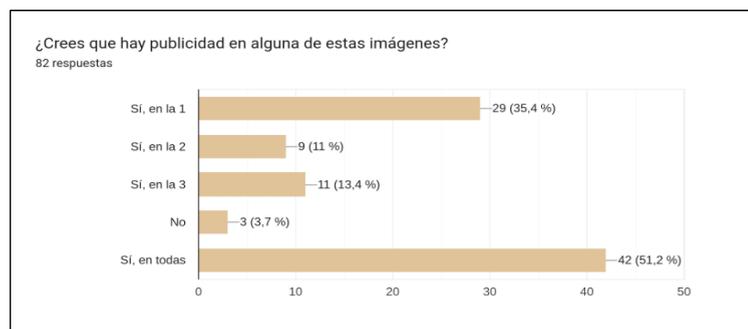


Figura 63. Resultados de la pregunta once. Fuente propia.

Pregunta 12

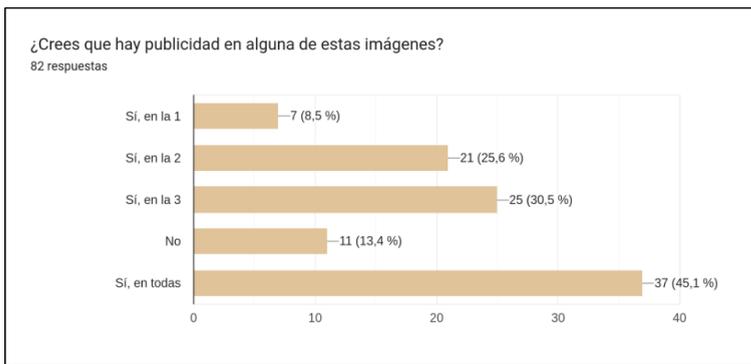


Figura 64. Resultados de la pregunta doce. Fuente propia.

Pregunta 13

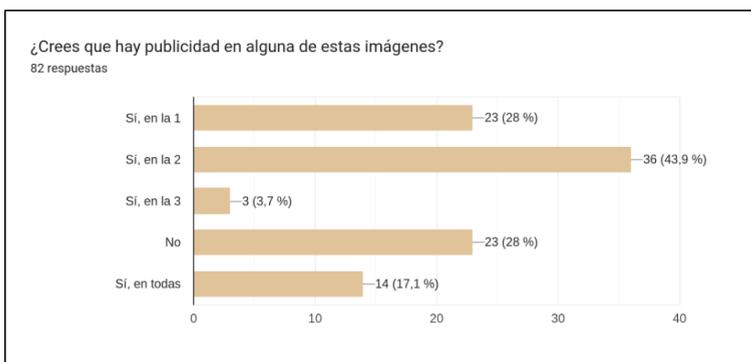


Figura 65. Resultados de la pregunta trece. Fuente propia.

Pregunta 14

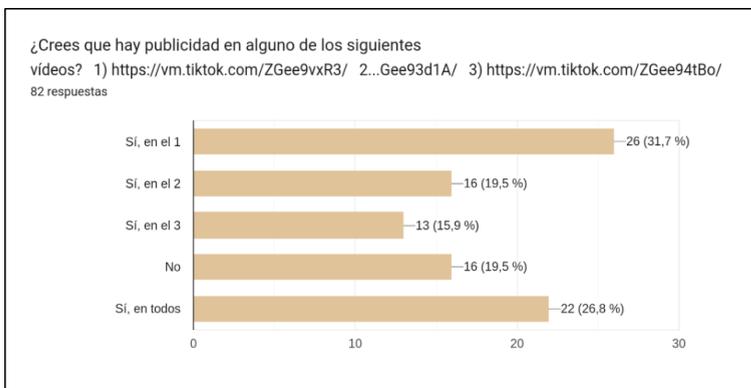


Figura 66. Resultados de la pregunta catorce. Fuente propia.

Pregunta 15

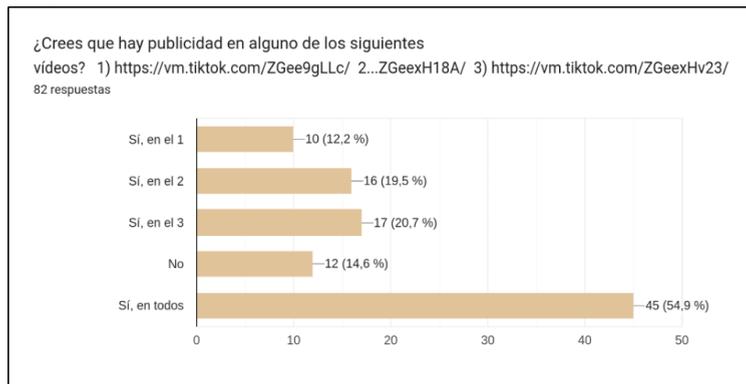


Figura 67. Resultados de la pregunta quince. Fuente propia.

Pregunta 16



Figura 69. Resultados de la pregunta dieciséis. Fuente propia.

11.3. Anexo III

Tablas de análisis de datos:

11.3.1. Tabla 1

	Resultados más significativos o repetidos	Votos
Pregunta 1	Nº alumnos 1º/2º de la ESO	40
	Nº alumnos 1º/2º de bachillerato	44
Pregunta 3	No me paro a mirarlo	38
	No me paro a mirarlo	36
Pregunta 4	Sí	36
	Sí	25
Pregunta 5	Instagram	25
	Instagram	20
Pregunta 6	Algo	17
	Algo	12
Pregunta 8	Youtube	19
	Youtube	25
Pregunta 9	Entretenimiento	39
	Entretenimiento	36

Figura 70. Análisis de los resultados más repetidos de las preguntas 1, 3, 4, 5, 6, 8 y 9 de la encuesta por cursos. El color azul son los alumnos de 1º o 2º de la ESO y el rosa los alumnos de 1º o 2º de bachillerato. Fuente: elaboración propia.

11.3.2. Tabla 2

Pregunta 2	
Votos exclusivos Instagram, TikTok o ambas	37
Votos Youtube más Instagram o TikTok	21
Votos ni a Instagram ni a TikTok	17

Figura 71. Análisis de los resultados más significativos de la pregunta 2. Fuente: elaboración propia.

11.3.3 Tabla 3

Pregunta 7	
Votos exclusivos Marina Rivers e Ibai Llanos	36
Votos Marina Rivers y otros <i>influencers</i>	10
Votos Ibai Llanos y otros <i>influencers</i>	35

Figura 72. Análisis de los resultados más significativos de la pregunta 7. Fuente: elaboración propia.

11.3.4. Tabla 4

	Respuestas más repetidas por separado:	votos totales	1º/2º de Bachillerato	1º/2º de la ESO	Respuesta correcta:	votos totales	1º/2º de Bachillerato	1º/2º de la ESO
Pregunta 10	Sí, en la 2	15	8	7	Sí, en la 2	15	8	7
	Sí, en todas	25	20	5				
Pregunta 11	Sí, en la 1	18	11	7	Sí, en la 1, Sí, en la 3	7	3	4
	Sí, en todas	42	25	17				
Pregunta 11	Sí, en la 3	6	1	5	Sí, en la 2, Sí, en la 3	0	3	4
	Sí, en todas	42	25	17				
Pregunta 12	Sí, en la 1	6	4	2	Sí, en la 1, Sí, en la 2	17	11	6
	Sí, en la 2	20	9	11				
Pregunta 13	Sí, en la 1	6	4	2	Sí, en la 1, Sí, en la 2	17	11	6
	Sí, en la 2	19	9	11				
Pregunta 14	Sí, en el 1	18	13	5	Sí, en el 1	18	13	5
	Sí, en todos	22	16	7				
Pregunta 15	Sí, en todos	47	27	20	Sí, en todos	47	27	20

Figura 73. Análisis de los resultados más significativos de las preguntas 10, 11, 12, 13, 14 y 15. El color azul son los alumnos de 1º o 2º de la ESO y el rosa los alumnos de 1º o 2º de bachillerato. Fuente: elaboración propia.

“La Inteligencia Artificial y su Desempeño en la Sociedad del Futuro”

Sebastián Nicolae Mihalic Nasta

Tutora: Paola Pucci

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera invaluable a mi trabajo de investigación. Cada uno de ellos ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de este proyecto.

A mi tutora, Paola Pucci, quiero agradecerle por su dirección a lo largo de este trabajo, por su interés constante, atención a los detalles y su apoyo. Su disposición para ayudarme con mis dudas y correcciones, así como su contribución de ideas y contactos, ha mejorado significativamente este trabajo.

A Pedro de las Heras, trabajador en la Universidad Rey Juan Carlos, que ha demostrado un interés en este trabajo desde el comienzo. Su disposición para compartir información y aportar ideas ha sido esencial para mi enfoque.

A los participantes de los experimentos: todos los que han rellenado el formulario de inteligencias artificiales, Eugenio Jiménez, Pinar Molera, Sara Abad y Larisa Pinter, les estoy muy agradecido por dedicar su tiempo y conocimiento en responder a las encuestas y preguntas planteadas. Cada aporte ha sido esencial en el desarrollo de este trabajo.

A mis padres, Diana Nasta y Marius Mihalic, les debo un profundo agradecimiento por su constante apoyo y comprensión desde el inicio. Su paciencia ha sido muy importante para mantenerme enfocado y motivado a lo largo de este proceso. A mi familia en su totalidad, quiero expresar mi gratitud por su interés y ánimo constante. Cada muestra de interés y apoyo ha sido un impulso que me ha ayudado a seguir adelante con este trabajo.

A cada uno de ellos, mi más profundo agradecimiento por su contribución. Este trabajo no habría sido posible sin su generosidad, apoyo y compromiso. Su presencia en este viaje de investigación ha marcado una diferencia significativa y ha añadido un valor inmenso.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	246
1. RESUMEN	248
2. ABSTRACT	248
3. JUSTIFICACIÓN	249
4. OBJETIVOS	249
4.1. OBJETIVOS PRINCIPALES	249
4.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS	249
5. METODOLOGÍA	249
6. MARCO TEÓRICO	250
6.1. INTRODUCCIÓN	250
6.2. INTELIGENCIA HUMANA	250
6.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	255
6.4. TEST DE TURING	263
7. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS	264
7.1. PRIMER EXPERIMENTO	264
7.2. SEGUNDO EXPERIMENTO	266
8. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	267
8.1. EXPLORACIÓN DE DISTINTOS TIPOS DE IA	267
8.2. ESTUDIO DE APLICACIONES DE IA ESPECÍFICAS	268
8.3. ESTUDIO DEL USO DE IAs EN ALGORITMOS	268
9. CONCLUSIONES Y LIMITACIONES	268
9.1. CONCLUSIONES	268
9.2. LIMITACIONES	269
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	269

1. RESUMEN

Este trabajo de investigación explora el impacto en constante evolución de la Inteligencia Artificial (IA) en diversos ámbitos de la sociedad. La creciente relevancia de la IA y su capacidad para mejorar la eficiencia, precisión y calidad en tareas variadas motivan a la búsqueda de posibles aplicaciones para estas tecnologías con el fin de darle forma al futuro próximo. En este proyecto se buscará analizar tanto los beneficios como los desafíos éticos, sociales y económicos asociados con la IA.

El estudio tiene como objetivos principales: identificar similitudes y diferencias entre la inteligencia humana y artificial, evaluar el progreso continuo en la capacidad cognitiva de las IA y poner a prueba su capacidad para simular tareas humanas. La metodología involucra un análisis comparativo entre el funcionamiento cognitivo humano y el de las IA y una revisión histórica de la evolución de las IAs, así como experimentos prácticos y encuestas.

Mediante el análisis de datos recopilados de encuestas y entrevistas con expertos, se busca determinar si las IA pueden engañar a los humanos y si sus capacidades teóricas y prácticas se equiparan a las de nuestra especie. Las conclusiones del estudio presentarán posibles roles futuros de las IAs en la sociedad, destacando su integración efectiva en diversos campos.

Este trabajo académico se basa en fuentes bibliográficas reales, incluyendo herramientas como Google Académico, Google Forms y Google Sheets. A través de un enfoque analítico y objetivo, el trabajo ayudará a la comprensión de cómo la IA influirá en la sociedad futura y abordará los desafíos y oportunidades que esto conlleva.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, neurona, neurona artificial, capa neuronal, peso, Machine Learning, Deep Learning.

2. ABSTRACT

This research project explores the constantly-evolving impact of Artificial Intelligence (AI) across various social ambits. The growing relevance of AI and its ability to enhance efficiency, precision, and quality in diverse tasks motivates the quest for potential applications of these technologies with the aim of shaping the near future. This project aims to analyze both the benefits and the ethical, social, and economic challenges associated with AI.

The study's primary objectives are to identify similarities and differences between human and artificial intelligence, evaluate the ongoing progress in the cognitive capacity of AIs, and test their ability to simulate human tasks. The methodology involves a comparative analysis between human and AI cognitive functioning, a historical review of the evolution of AIs, as well as practical experiments and surveys.

Through the analysis of data gathered from surveys and interviews with experts, the goal is to determine whether AIs can deceive humans and whether their theoretical and practical capabilities are on par with our species. The study's conclusions will present potential future roles of AIs in society, highlighting their effective integration across various fields.

This academic work is grounded in real bibliographic sources, including tools such as Google Scholar, Google Forms, and Google Sheets. Through an analytical and objective approach, the research will contribute to the understanding of how AI will influence future society and address the challenges and opportunities this entails.

Keywords: Artificial Intelligence, neuron, artificial neuron, neuron layer, weight, Machine Learning, Deep Learning.

3. JUSTIFICACIÓN

El tema a tratar en este trabajo de investigación surge de una profunda motivación y curiosidad por explorar el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) en nuestra sociedad, la cual está sujeta a una constante evolución. En los últimos años, la IA ha experimentado un crecimiento exponencial y se ha convertido en una fuerza transformadora en diversos ámbitos de nuestras vidas.

La elección de este tema se basa en la convicción de que la IA desempeñará un papel fundamental en el futuro de la sociedad. Desde la atención médica hasta la industria, la educación y más allá, la IA está demostrando su capacidad para mejorar la eficiencia, precisión y calidad en una amplia gama de tareas y procesos. Sin embargo, también es importante considerar los desafíos éticos, sociales y económicos asociados con su implementación y desarrollo.

La investigación sobre este tema es esencial para comprender cómo esta tecnología avanzada puede influir en nuestra forma de vida. Nos permitirá anticipar y abordar los desafíos emergentes, así como aprovechar al máximo las oportunidades que se presenten. Además, nos ayudará a desarrollar políticas, regulaciones y marcos éticos adecuados para guiar el desarrollo y la implementación de la IA de manera responsable.

El alcance de este trabajo no se limita a un público específico, ya que el impacto de la IA se extiende a múltiples sectores y a personas de diversas disciplinas. Este estudio puede resultar relevante para investigadores, profesionales de la industria, responsables de políticas y cualquier persona interesada en comprender y prepararse para los cambios que la IA traerá consigo.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVOS PRINCIPALES

1. Estudiar características diferenciales: Identificar y abordar las características fundamentales que distinguen la inteligencia humana de la artificial, estableciendo una base para la realización de los experimentos.
2. Evaluar la evolución de la capacidad cognitiva de las IAs: Examinar si existe un patrón en el avance de la ca-

pacidad cognitiva de las inteligencias artificiales. Basarse en datos empíricos para determinar la capacidad de evolución de las IAs en el futuro cercano.

3. Realizar una simulación de tareas: Centrarse en la resolución de la hipótesis inicial mediante la evaluación de diferentes escenarios. Probar la habilidad de diversas aplicaciones de Inteligencia Artificial para simular tareas realizadas por seres humanos. Posteriormente analizar los resultados obtenidos para proporcionar una respuesta respaldada por una evidencia.

4.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

1. Identificar Similitudes en Inteligencia Humana y Artificial: Explorar y destacar similitudes entre la inteligencia humana y artificial como parte del análisis comparativo.
2. Identificar e investigar sobre modelos pasados de IA: Definir antiguos modelos de Inteligencia Artificial con el fin de establecer una progresión en el desarrollo de estos al compararlos con modelos actuales.
3. Analizar el desempeño de las IAs en el ámbito científico-educativo: Realizar un análisis detallado de los resultados obtenidos al someter a prueba a la Inteligencia Artificial en la simulación de tareas humanas relacionadas con el ámbito científico-educativo.

5. METODOLOGÍA

Comenzaremos estudiando el funcionamiento cognitivo del cerebro humano y lo compararemos con el funcionamiento de la Inteligencia Artificial. Luego, profundizaremos en el proceso de creación y entrenamiento de esta última.

A continuación, investigaremos la historia de las IAs para entender y explicar su evolución, basándonos en datos concretos y evidencia empírica.

Después, llevaremos a cabo dos experimentos con el propósito de obtener información y resultados para nuestro trabajo. En el primero, encuestaremos a un grupo de personas, presentándoles fragmentos de texto e imágenes, y les pediremos que indiquen si consideran que estos fragmentos son de origen humano o artificial. En el segundo, realizaremos entrevistas a expertos en diversos campos y a una Inteligencia Artificial.

En el primer experimento, analizaremos los datos recopilados de los formularios para determinar si la Inteligencia Artificial ha logrado confundir a cierto porcentaje del grupo encuestado. Esto nos permitirá evaluar si las IA son capaces de emular trabajos realizados por personas. En el segundo experimento, compararemos las respuestas de los expertos con las de la Inteligencia Artificial para determinar si estas tecnologías pueden ser igualmente útiles en áreas teóricas y prácticas como lo son los seres humanos.

Finalmente, concluiremos presentando posibles roles que las inteligencias artificiales podrían desempeñar en los próximos años, con la finalidad de integrarlas de manera efectiva en nuestra sociedad.

Para llevar a cabo todo esto, utilizaremos diversas fuentes académicas como Google Académico, herramientas para crear formularios como Google Forms, un gestor de datos como Google Sheets y varias aplicaciones de Inteligencia Artificial como GPT, Midjourney, Dall-e, entre otras.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de demostrar la capacidad de las inteligencias artificiales para participar de manera activa en nuestra sociedad, se llevará a cabo un marco teórico que abordará dos conceptos fundamentales relacionados con el enfoque de la investigación.

En primer lugar, se presentará al lector el concepto de inteligencia humana, el cual es fundamental para comprender las bases de la Inteligencia Artificial. Se abordará el punto de vista biológico del cerebro humano, enfocándose en las neuronas y las conexiones que éstas forman, así como en su papel en los procesos de pensamiento y acción.

En segundo lugar, se profundizará en los fundamentos de la Inteligencia Artificial, incluyendo su definición, usos, estructura, entrenamiento y tipos. Este enfoque permitirá al lector adquirir una comprensión completa de los conceptos claves relacionados a la capacidad de las inteligencias artificiales para participar de manera activa en la sociedad contemporánea.

6.2. INTELIGENCIA HUMANA

6.2.1. Introducción

La inteligencia humana se define como la capacidad de procesamiento cognitivo de un individuo para adaptarse y responder eficazmente al entorno en el que se desenvuelve. Es una característica distintiva de la especie humana, que permite la adquisición de conocimientos, el razonamiento, la toma de decisiones y la resolución de problemas complejos (Kandel, Schwartz, Jessell, 2000). Aunque la comprensión completa del funcionamiento de la inteligencia humana aún no ha sido alcanzada, la investigación científica ha identificado varios componentes fundamentales que intervienen en los procesos cognitivos, incluyendo las neuronas y las conexiones neuronales.

Esta ha sido objeto de estudio y reflexión desde tiempos remotos, y su complejidad ha planteado desafíos a la ciencia moderna. Se ha investigado en profundidad la estructura y el funcionamiento del cerebro humano, a través de técnicas como la neurociencia y la psicología cognitiva (Purves et al., 2018). Estas investigaciones han permitido identificar una serie de componentes clave implicados en la cognición humana, tales como la memoria, la atención, la percepción, el lenguaje y la toma de decisiones.

En particular, se ha demostrado que las neuronas y sus conexiones son elementos críticos en los procesos cognitivos, y que el aprendizaje y la experiencia pueden alterar la forma en que las neuronas se comunican entre sí (McCulloch & Pitts, 1943). De esta manera, se puede observar que la inteligencia humana es un fenómeno complejo que involucra una serie de procesos cognitivos interrelacionados, y que la continua investigación en esta área es esencial para comprender mejor la naturaleza de la cognición humana y cómo se puede aplicar en diferentes campos de la vida.

6.2.2. Neuronas

6.2.2.1. Introducción

La neurona, según Kandel, Schwartz y Jessell (2000), se define como "una unidad elemental del sistema nervioso" encargada de procesar y transmitir información en el organismo. Su estructura altamente especializada le permite des-

empeñar estas funciones eficientemente, y su interacción con otras células nerviosas posibilita la realización de diversas funciones sensoriales, motoras y cognitivas. El estudio de la neurona y su funcionamiento es fundamental para comprender el comportamiento del sistema nervioso y su implicación en procesos fisiológicos y patológicos (Purves et al., 2018).

6.2.2.2. Relaciones entre Neuronas: La Sinapsis

La sinapsis, un proceso vital en el sistema nervioso, facilita la transmisión de información entre células nerviosas y células efectoras, como músculos y glándulas. Esta es una estructura especializada que juega un papel crucial en la coordinación de la actividad neuronal en el cerebro y la médula espinal.

La sinapsis se compone de tres elementos esenciales: la "terminal presináptica de la neurona que está transmitiendo la información, la hendidura sináptica y la membrana post-sináptica de la neurona receptora" (Purves et al., 2018). La comunicación ocurre mediante la liberación de neurotransmisores desde la terminal presináptica hacia la hendidura sináptica, donde se unen a los receptores en la membrana postsináptica, desencadenando así una respuesta en la célula receptora.

A su vez, la sinapsis es una estructura altamente adaptable y plástica que puede ser modificada en respuesta a estímulos ambientales y experienciales, lo que se conoce como plasticidad sináptica. La plasticidad sináptica es fundamental para la capacidad del cerebro para aprender y adaptarse a los cambios en el entorno, y se ha relacionado con procesos cognitivos como la memoria y el aprendizaje.

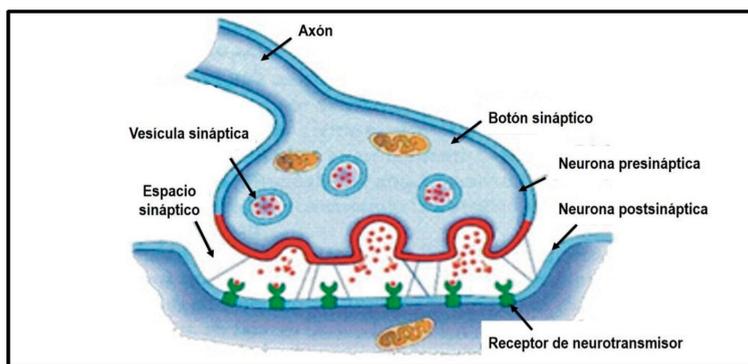


Figura 1. Ilustración esquemática de la sinapsis química. Fuente: tuliaocampo.com. <https://tuliaocampo.com>

6.2.2.3. Estructura de la Neurona

En términos generales, la neurona está compuesta por tres partes principales: el soma o cuerpo celular, las dendritas y el axón.

A. El Soma de una Neurona

El soma, conocido también como cuerpo celular o pericarion, es una estructura fundamental de la neurona, la cual se sitúa en la región central y alberga el núcleo de la célula. Su forma esférica u ovalada puede variar entre 4 y 100 micrómetros, dependiendo del tamaño de la tipología neuronal en cuestión.

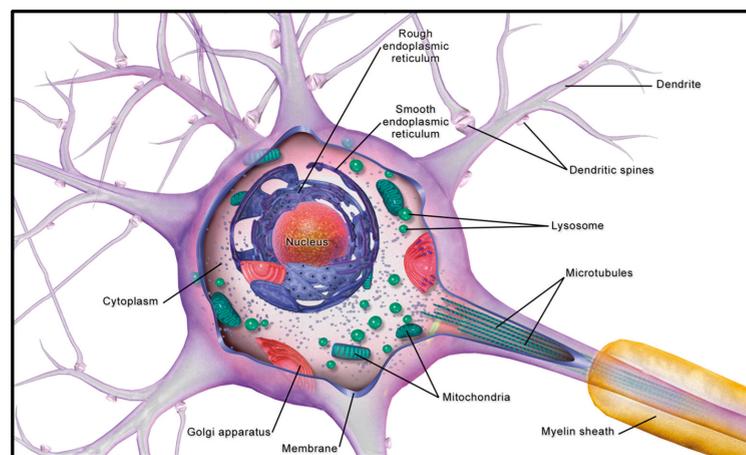


Figura 2. Ilustración del soma de una neurona y sus elementos. Fuente: Bruce Blaus. User:BruceBlaus - Wikimedia Commons

El soma está compuesto internamente por una compleja organización de diferentes orgánulos celulares, tales como mitocondrias, retículo endoplásmico, aparato de Golgi, lisosomas y otros, cada uno con sus propias funciones específicas en la célula. Entre sus roles principales, se destaca la producción de energía (a través de las mitocondrias), la síntesis y transporte de proteínas (mediado por el retículo endoplásmico y el aparato de Golgi), y el mantenimiento del equilibrio iónico y la homeostasis celular (a través de los lisosomas y otros orgánulos).

Además de sus funciones metabólicas, el soma es el responsable de integrar y procesar la información proveniente de las dendritas, y de iniciar el potencial de acción que se propaga por todo el axón. A través de sus numerosas extensiones, el soma establece conexiones sinápticas con otras

células nerviosas, permitiendo la comunicación y la coordinación del sistema nervioso.

B. Las Dendritas de una Neurona

Las dendritas son estructuras neurales altamente ramificadas que emergen del soma neuronal, y tienen una función primordial en la recepción de información proveniente de otras células nerviosas mediante la formación de sinapsis. El tipo y complejidad de las dendritas varía dependiendo de la neurona, sin embargo, todas están compuestas por una membrana plasmática que cubre un citoplasma rico en orgánulos, incluyendo mitocondrias, retículo endoplásmico y aparato de Golgi. Asimismo, en su superficie, las dendritas presentan numerosas espinas dendríticas, que incrementan la superficie de contacto con otras células nerviosas, permitiendo la regulación precisa de la transmisión sináptica.

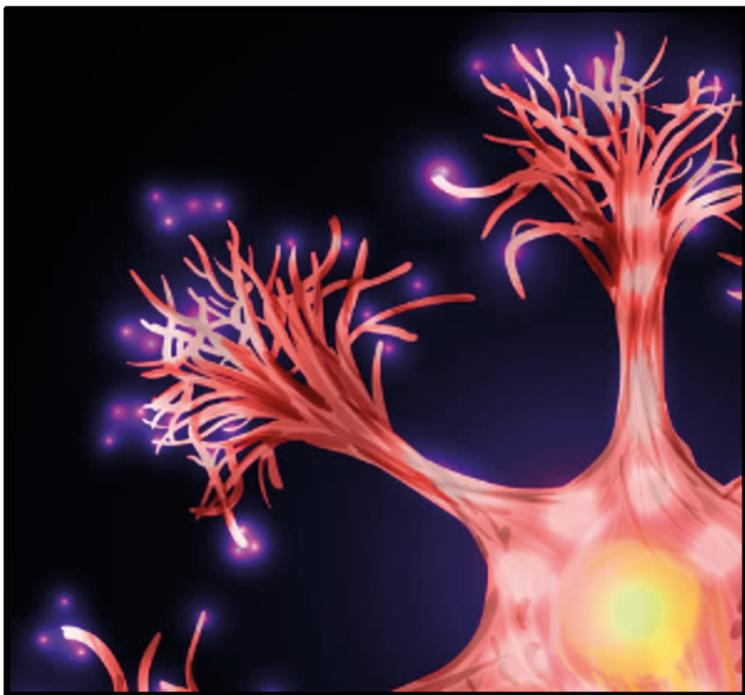


Figura 3. Ilustración de unas dendritas emergiendo del soma.
Fuente: Significado. Significado de neurona «Definición, estructura y funciones»

En el sistema nervioso, las dendritas tienen una importancia crítica, ya que su estructura y función están especialmente diseñadas para recibir y procesar señales químicas y eléctricas. En este sentido, la integración de información proveniente de diversas fuentes, es posible gracias a la capa-

cidad de las dendritas para establecer sinapsis con múltiples células nerviosas. Además, la capacidad de generar potenciales graduados permite la transmisión de información en forma analógica, lo que permite una codificación y procesamiento de la información con una precisión excepcional.

C. El Axón de una Neurona

El axón es una estructura neuronal altamente especializada, que se caracteriza por su forma cilíndrica y alargada, y su capacidad de transmitir impulsos nerviosos desde el soma hacia otras células nerviosas, músculos o glándulas. La transmisión de estos impulsos eléctricos es fundamental para la comunicación en el sistema nervioso y para el correcto funcionamiento de los procesos cognitivos, sensoriales y motores.

La estructura del axón es única y presenta una membrana rodeada por una vaina de mielina, en los axones mielinizados, y una serie de orgánulos especializados como los corpúsculos de Nissl, los cuales se encuentran exclusivamente en el soma de las células nerviosas. La vaina de mielina es una estructura de protección que cubre y aísla selectivamente ciertas partes del axón, permitiendo una transmisión más eficiente y rápida de los impulsos nerviosos. Los oligodendrocitos en el sistema nervioso central y las células de Schwann en el sistema nervioso periférico son responsables de la formación de esta vaina de mielina.



Figura 4. Modelo del axón de una neurona representado en amarillo.
Fuente: Dmytro Danylchenko. Neurônio Modelo 3D - TurboSquid 819986

La función principal del axón es la transmisión de señales eléctricas, que se produce gracias a su capacidad de generar y conducir potenciales de acción. Estos impulsos eléctricos viajan por el axón a alta velocidad y pueden atravesar grandes distancias antes de llegar a la sinapsis, donde se transmiten a otras células nerviosas.

Además, el axón también tiene la función de liberar neurotransmisores en la sinapsis, que son sustancias químicas que se encargan de transmitir información de una célula nerviosa a otra. Estos neurotransmisores son liberados desde los botones sinápticos que se encuentran en las terminaciones del axón, y se unen a receptores específicos en las dendritas o el soma de las células nerviosas receptoras.

6.2.3. Las Conexiones y Sistemas Neuronales

Las conexiones neuronales y sistemas neuronales constituyen un pilar fundamental en el correcto desempeño del sistema nervioso. Las neuronas, a través de la formación de complejas redes, establecen interconexiones para la transmisión de información que sostiene las principales funciones cognitivas y motoras del organismo.

Las neuronas se comunican entre sí o con otras células mediante conexiones neuronales, produciéndose la sinapsis si se da el primer caso. Según Purves, estas conexiones se establecen cuando una neurona libera neurotransmisores que se acoplan a los receptores de otra neurona, lo que provoca una respuesta eléctrica en la segunda neurona. Cabe destacar que la eficacia de estas conexiones es moldeable por medio del aprendizaje y la experiencia, lo que permite al sistema nervioso adaptarse a los cambios del entorno.

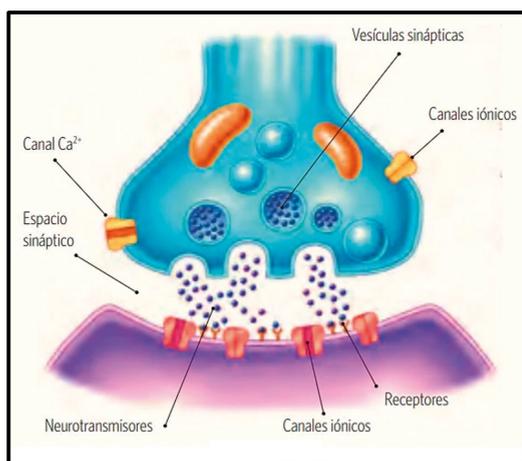


Figura 5. Representación del proceso de comunicación en la sinapsis. Fuente: rojotse (TuGuía-DeAprendizaje). LA SINAPSIS DE LAS NEURONAS (tuguia de aprendizaje.co)

Por otra parte, los sistemas neuronales son agrupaciones de neuronas que colaboran de manera mancomunada para cumplir una función determinada. Estos sistemas pueden ser desde muy simples, como el sistema sensorial de la piel, hasta muy complejos, como el sistema motor que regula la musculatura esquelética. Los sistemas neuronales se organizan de forma jerárquica, donde los sistemas más básicos se encargan de tareas simples, y los sistemas más complejos llevan a cabo funciones más elaboradas.

Como ejemplo de sistema neuronal complejo, se encuentra el sistema visual, responsable de la percepción visual. Dicho sistema está conformado por neuronas que captan la luz y transmiten la información a neuronas más complejas que procesan y analizan dicha información visual. Estas neuronas se disponen en diferentes capas dentro del cerebro, generando un sistema intrincado que posibilita la percepción visual.

En síntesis, las conexiones neuronales y los sistemas neuronales resultan imprescindibles para el correcto funcionamiento del sistema nervioso. Las conexiones neuronales permiten la comunicación entre las neuronas, mientras que los sistemas neuronales aglomeran a las neuronas para ejecutar funciones específicas. La complejidad y organización de estos sistemas neuronales propician la realización de las funciones cognitivas y motoras del organismo.

6.2.4. El Rol de las Conexiones y Sistemas Neuronales en el Pensamiento y Toma de Decisiones

El proceso de pensamiento y toma de decisiones en los seres humanos es un proceso extremadamente complejo y sofisticado, que involucra la actividad de muchas neuronas y sistemas neuronales interconectados. En términos generales, se considera que este proceso comienza con la percepción de un estímulo, ya sea de origen interno o externo, que activa una serie de neuronas en las regiones sensoriales del cerebro. Estas neuronas se comunican entre sí a través de sinapsis, transmitiendo la información sensorial a otras regiones del cerebro para su procesamiento posterior.

A medida que la información sensorial se propaga a través del cerebro, las neuronas forman conexiones sinápticas y se activan en patrones específicos. Estos patrones de actividad están relacionados con procesos cognitivos especí-

ficos, como la atención, la memoria, el razonamiento y la toma de decisiones.

Conforme la información sensorial se integra y procesa en diferentes regiones del cerebro, se pueden activar sistemas neuronales específicos para controlar la conducta o producir una respuesta. Por ejemplo, la percepción de una amenaza puede activar el sistema nervioso simpático, que produce una respuesta de "lucha o huida". Este sistema complejo involucra la liberación de neurotransmisores como la adrenalina y la noradrenalina, que aumentan la frecuencia cardíaca, la respiración y la sudoración, preparando el cuerpo para la acción.

6.2.5. La Medición de la Inteligencia Humana

Dado que la inteligencia humana es un fenómeno multifacético y difícil de definir y medir, se han ideado diversas pruebas y métodos para intentar cuantificarla. El coeficiente intelectual (CI) es uno de los instrumentos más conocidos y utilizados para medir la inteligencia, el cual se basa en pruebas estandarizadas diseñadas para evaluar habilidades cognitivas específicas, tales como la capacidad verbal, la capacidad numérica, la memoria y la comprensión. Estas pruebas, también conocidas como pruebas de inteligencia, son administradas por psicólogos y otros profesionales expertos en evaluación psicológica.

El cálculo del CI implica una fórmula matemática que compara el rendimiento del individuo en la prueba de inteligencia con el rendimiento promedio de una población normativa. Por lo general, el CI se expresa en una puntuación estándar, donde el promedio es de 100. Esto implica que la mayoría de las personas tienen una capacidad intelectual considerada dentro de la media. Además, la desviación estándar del CI es de 15 puntos, lo que significa que la mayoría de las personas caen dentro de un rango de ± 15 puntos en comparación con la puntuación promedio. Por lo tanto, aquellos que obtienen una puntuación superior a 115 se consideran por encima del promedio en términos de inteligencia, mientras que aquellos que obtienen una puntuación por debajo de 85 se consideran por debajo de la media.

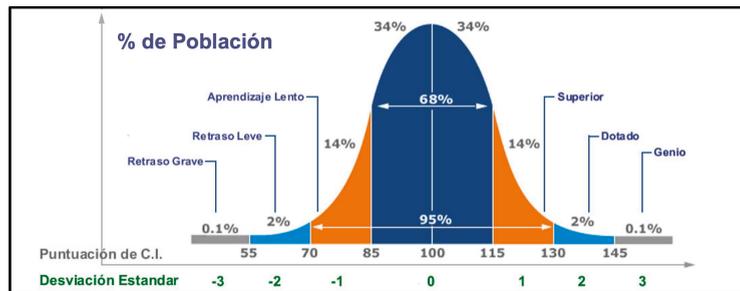


Figura 6. Distribución del CI según la Escala de Wechsler. Fuente: <https://www.testdeinteligencia.com.ar/>

Sin embargo, es importante destacar que el CI no es la única medida de inteligencia disponible. Existen otras pruebas y métodos para medir la inteligencia, como las pruebas de aptitudes específicas, que miden habilidades específicas como la capacidad mecánica o espacial, y las pruebas de logros, que miden el conocimiento adquirido en áreas específicas como la lectura o la matemática. También se han desarrollado nuevas técnicas de evaluación, tales como las pruebas de juego y los cuestionarios de autoinforme, que buscan medir aspectos más amplios de la inteligencia, como la creatividad y la inteligencia emocional.



Figura 7. Ilustración sobre los tipos de inteligencia según Howard Gardner. Fuente: Mayneza. <https://mayneza.com/tipos-de-inteligencia-howard-gardner-infografia/>

6.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

BLOQUE A. Fundamentos de la Inteligencia Artificial

6.3.1. Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) es la base a partir de la cual se imitan los procesos de inteligencia humana mediante la creación y la aplicación de algoritmos creados en un entorno dinámico de computación. La IA se basa en algoritmos y modelos matemáticos que permiten a las computadoras procesar grandes volúmenes de datos y aprender de ellos para mejorar su rendimiento.

Existen diversos tipos de IA, que se clasifican según su capacidad para emular o superar la inteligencia humana en diferentes áreas. La IA débil o estrecha se enfoca en tareas específicas y limitadas, como el reconocimiento de voz o la detección de patrones en imágenes. La IA fuerte o general, en cambio, tiene como objetivo imitar la inteligencia humana en todos sus aspectos, incluyendo la creatividad y el razonamiento abstracto.

La estructura de los sistemas de IA se basa en modelos matemáticos complejos, como las redes neuronales y los algoritmos de aprendizaje automático, que les permiten procesar y analizar enormes cantidades de datos para identificar patrones y tomar decisiones. Estos sistemas también pueden ser programados para aprender de forma autónoma a partir de la experiencia, mediante el uso de técnicas avanzadas como el aprendizaje profundo.

La IA tiene un amplio espectro de aplicaciones, desde la detección de fraudes financieros hasta el diagnóstico médico y la conducción autónoma de vehículos. También se emplea en la industria del entretenimiento, como en la creación de videojuegos y en la producción de contenido multimedia.

6.3.2. Neuronas Artificiales

6.3.2.1. Introducción

Las neuronas artificiales son un componente fundamental en la construcción de sistemas de Inteligencia Artificial (IA) y se han convertido en un área de investigación vital para el desarrollo de la tecnología moderna. En términos simples, una neurona artificial es un microchip que imita el comportamiento de las células nerviosas del cerebro humano mediante

modelos matemáticos, lo que permite procesar y transmitir información dentro de las redes neuronales artificiales.

Cada neurona artificial se compone de entradas, una suma ponderada de estas entradas, una función de activación y una salida. Las entradas pueden provenir de otras neuronas artificiales o de señales de entrada externas, y cada entrada tiene un peso asociado que determina su importancia en la suma ponderada. La función de activación es utilizada para determinar si la neurona debe activarse o no, en función de la suma ponderada. Finalmente, la salida de la neurona se transmite a otras neuronas artificiales.

Las neuronas artificiales se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones de IA, como el reconocimiento de voz, reconocimiento de patrones, procesamiento de lenguaje natural y visión por computadora. También se utilizan en sistemas de aprendizaje automático, donde las conexiones entre neuronas se ajustan automáticamente para mejorar el rendimiento del sistema.

En resumen, las neuronas artificiales son microchips que mediante modelos matemáticos imitan el comportamiento de las neuronas humanas y se utilizan para procesar y transmitir información dentro de las redes neuronales artificiales. Su función se basa en entradas ponderadas, una función de activación y una salida, y su uso en aplicaciones de IA es amplio y su papel en sistemas de aprendizaje automático es crucial para la mejora de la tecnología moderna.

6.3.2.2. Conexiones entre Neuronas Artificiales: Las Capas Neuronales

Las capas de neuronas artificiales representan un componente crítico y fundamental en una amplia variedad de sistemas de Inteligencia Artificial, incluyendo las redes neuronales y el aprendizaje profundo. Estas capas se encuentran compuestas por múltiples neuronas artificiales, que se organizan de forma jerárquica para procesar datos y realizar tareas específicas.

En términos generales, una capa de neuronas artificiales recibe una entrada de datos, y, gracias a los pesos y umbrales de cada neurona, realiza cálculos para enviar una salida a la siguiente capa o al sistema en general. Las capas de neuronas artificiales pueden ser completamente conectadas, en las que cada neurona de una capa se conecta

a todas las neuronas de la siguiente capa, o parcialmente conectadas, en las que solo algunas de las neuronas están conectadas.

La función y características de las capas de neuronas artificiales pueden variar significativamente, en función de la arquitectura y la tarea específica del sistema de Inteligencia Artificial. Entre las capas más comunes se encuentran:

A. Capa de Entrada. Esta capa es la primera capa de una red neuronal y recibe la entrada de datos del sistema. Por lo general, cada neurona de esta capa representa una característica o variable de entrada y se conecta a todas las neuronas de la siguiente capa.

B. Capas Ocultas. Estas capas se encuentran entre la capa de entrada y la capa de salida de una red neuronal, y pueden ser múltiples y completamente conectadas. Estas capas procesan la información de entrada y la transforman para que sea más fácil de interpretar por la capa de salida.

C. Capa de Salida. Esta capa es la última capa de una red neuronal y proporciona la salida final del sistema. La función de esta capa depende de la tarea específica que esté realizando la red neuronal. Por ejemplo, puede ser una capa de clasificación, donde cada neurona representa una clase diferente, o una capa de regresión, donde cada neurona representa un valor numérico.

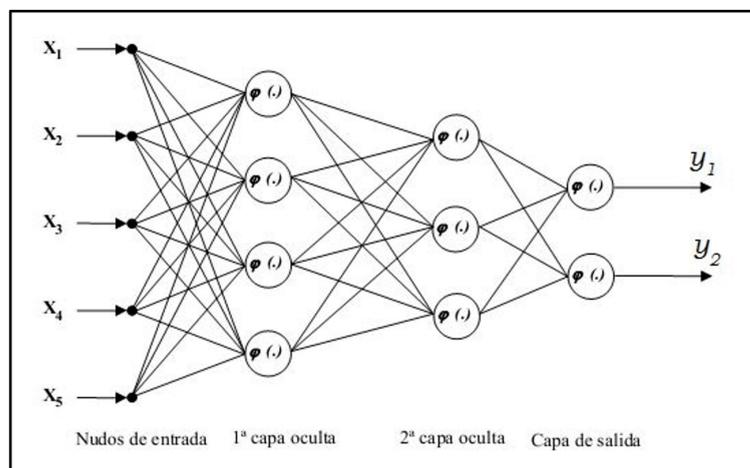


Figura 8. Representación de un sistema neuronal artificial y sus distintas capas. Fuente: Ignacio Arroyo-Fernández 16: Estructura de una red neuronal multicapa (una capa... | Download Scientific Diagram (researchgate.net))

6.3.2.3. Enlaces entre Capas Neuronales

Las conexiones entre capas de neuronas artificiales son un elemento fundamental en la estructura de los sistemas de Inteligencia Artificial (Goodfellow, Bengio, Courville, 2016). Estos enlaces se establecen para permitir la transmisión de información y la retroalimentación entre las diferentes capas de neuronas artificiales.

La función principal de estas conexiones es procesar la información recibida de las capas anteriores y utilizarla para producir una salida en la capa siguiente (Goodfellow et al., 2016). Los enlaces entre capas de neuronas artificiales pueden ser tanto excitatorios como inhibitorios, lo que significa que pueden aumentar o disminuir la activación de las neuronas en la capa siguiente, respectivamente. Esto es especialmente importante en el aprendizaje profundo, donde los sistemas de Inteligencia Artificial utilizan redes neuronales complejas para realizar tareas complejas de clasificación, reconocimiento de patrones, procesamiento del lenguaje natural, entre otras.

La organización de los enlaces entre capas de neuronas artificiales es crucial para el rendimiento y la eficacia de los sistemas de Inteligencia Artificial (Goodfellow et al., 2016). Los diseñadores de estos sistemas deben considerar cuidadosamente la topología de la red neuronal, el tipo de enlaces y la función de cada capa para obtener un sistema óptimo que pueda procesar y aprender a partir de grandes conjuntos de datos.

Los enlaces entre capas de neuronas artificiales son un componente clave de los sistemas de Inteligencia Artificial y su comprensión es esencial para el diseño y desarrollo de sistemas más avanzados y eficaces en la resolución de problemas complejos y de gran escala.

6.3.2.4. Pesos de Enlaces

Los pesos, conocidos en inglés como "weights", de los enlaces entre capas de neuronas artificiales representan valores numéricos que se les asignan a cada conexión neuronal en una red neuronal artificial (Goodfellow et al., 2016). Estos pesos determinan la fuerza o debilidad de la conexión entre las neuronas y se utilizan para calcular la salida de la neurona y propagar la información a través de la red.

Durante el proceso de entrenamiento de la red neuronal, los pesos son ajustados mediante un algoritmo de aprendizaje que minimiza el error entre la salida deseada y la salida de la red (Goodfellow et al., 2016). En este proceso, se presenta un conjunto de datos de entrenamiento a la red y se compara la salida de la red con la salida deseada. "Los pesos se ajustan iterativamente para reducir el error" (Goodfellow et al., 2016).

La importancia de los pesos en el funcionamiento de la red neuronal es crucial, ya que determinan la capacidad de la red para aprender y generalizar a partir de los datos de entrenamiento. Si los pesos se ajustan adecuadamente, la red puede producir resultados precisos para entradas nuevas y no vistas antes. Por tanto, los pesos juegan un papel fundamental en el éxito de la red neuronal y en su capacidad para resolver problemas de forma eficaz. Es importante destacar que el proceso de ajuste de los pesos es un aspecto crítico del diseño y entrenamiento de una red neuronal y requiere un enfoque cuidadoso y metódico.

6.3.3. Obtención de Resultados a partir de una Entrada

La obtención de resultados en un sistema de Inteligencia Artificial débil es un proceso crítico y fundamental en su funcionamiento. Este proceso se realiza mediante la propagación hacia adelante o "forward propagation", que se encarga de transformar la entrada en una salida útil. Durante este proceso, los datos de entrada se introducen en la red neuronal y se propagan a través de ella capa por capa, pasando por los pesos de las conexiones y las funciones de activación, hasta que se produce una salida.

Para garantizar el éxito de la propagación hacia adelante, es necesario que la red neuronal haya sido entrenada previamente con un conjunto de datos. El entrenamiento implica el ajuste iterativo de los pesos de las conexiones para que la red pueda predecir los resultados correctos a partir de los datos de entrada. Una vez que la red ha sido entrenada, se puede utilizar para predecir la salida de nuevos datos de entrada.

Es importante destacar que el proceso de obtención de resultados de una IA a partir de una entrada no siempre es completamente preciso, y puede haber errores en las predicciones. Sin embargo, la precisión de la IA puede mejorarse mediante técnicas de entrenamiento y ajuste de parámetros.

Además, es fundamental destacar que la propagación hacia adelante es solo una de las muchas técnicas utilizadas en los sistemas de IA. Otras técnicas incluyen la retro-propagación, el aprendizaje por refuerzo y la optimización por enjambre de partículas. Cada técnica tiene sus propias ventajas y desventajas y se utiliza en función de las necesidades específicas de la aplicación de la IA.

BLOQUE B. Entrenamiento de inteligencias artificiales

6.3.4. Análisis de Resultados obtenidos a partir de una Entrada

El análisis de resultados en Inteligencia Artificial (IA) es un proceso crítico para la evaluación y mejora del rendimiento de los modelos de aprendizaje automático (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2017). En este proceso se comparan los resultados obtenidos por la IA con los datos de entrada, con el objetivo de medir la precisión y eficacia del modelo. Esta respuesta aborda tanto la definición como el funcionamiento de este proceso, y explica cómo se analizan los resultados obtenidos para mejorar la IA.

El análisis de resultados es el proceso de evaluación de las predicciones realizadas por un modelo de aprendizaje automático. Una vez que el modelo ha sido entrenado con datos de entrenamiento, se utiliza para predecir los resultados de nuevas entradas. Los resultados obtenidos se comparan con los valores reales de la entrada, y se evalúa el rendimiento del modelo en función de la precisión y eficacia de sus predicciones (Hastie et al., 2017).

Para analizar los resultados de la IA, es necesario comprender cómo se mide la precisión del modelo. Una de las medidas más comunes es la tasa de aciertos, que se calcula como la proporción de predicciones correctas en relación al número total de predicciones. También se utilizan otras medidas, como el error cuadrático medio o el coeficiente de correlación, según las necesidades del modelo.

Una vez obtenidos los resultados de la IA, se realizan varios análisis para evaluar su calidad. Por ejemplo, se pueden utilizar gráficos de dispersión para visualizar la relación entre las predicciones y los valores reales. También se pueden utilizar tablas de contingencia para evaluar la precisión de las predicciones en diferentes categorías de datos.

La comparación de los resultados obtenidos con los valores reales permite identificar las áreas en las que el modelo necesita mejorar. Los resultados también se utilizan para ajustar los parámetros del modelo y mejorar su precisión. Para ello, se pueden utilizar técnicas de optimización, como el descenso del gradiente o la búsqueda de hiperparámetros (Hastie et al., 2017).

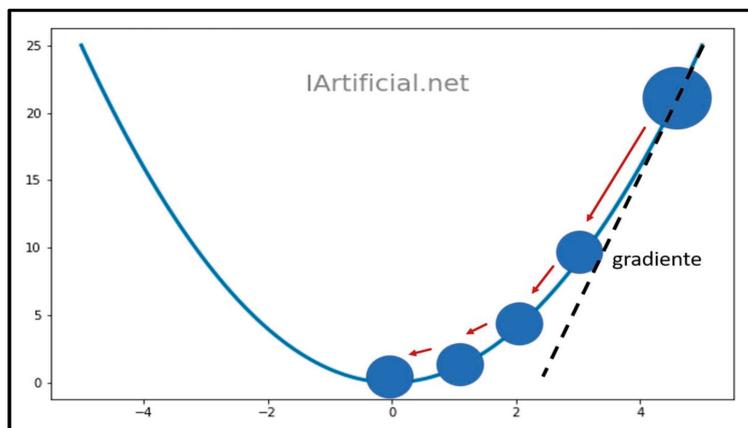


Figura 9. Representación de un descenso de gradiente sencillo en 2 dimensiones. Fuente: Jose Martinez Heras Gradiente Descendiente para aprendizaje automático - IArtificial.net

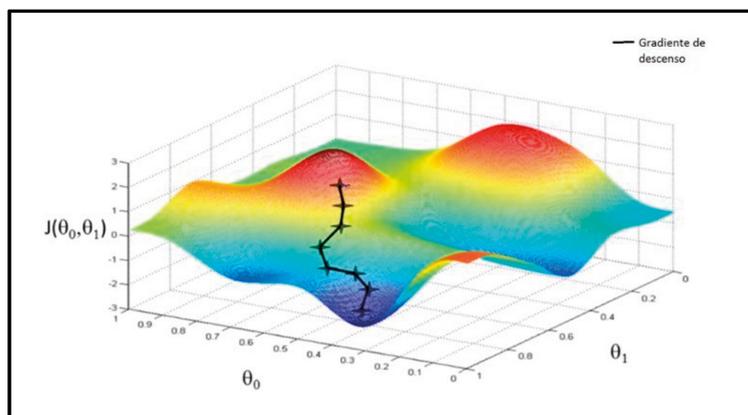


Figura 10. Representación de un descenso de gradiente complejo en 3 dimensiones. Fuente: Fernando De La Rosa Optimización gradiente de descenso[4] Este... | Download Scientific Diagram (researchgate.net)

Es importante destacar que el análisis de resultados de la IA es un proceso continuo e iterativo. A medida que se obtienen nuevos datos y se entrenan nuevos modelos, se

realizan nuevos análisis para evaluar su precisión y eficacia. De esta manera, se puede mejorar constantemente el rendimiento de la IA y adaptarlo a las necesidades cambiantes del entorno en el que se utiliza.

6.3.5. Machine Learning

6.3.5.1. Introducción al Machine Learning

El Machine Learning es una disciplina de la Inteligencia Artificial que se enfoca en desarrollar algoritmos y modelos matemáticos que permiten a las computadoras aprender y mejorar de manera autónoma a partir de datos, sin necesidad de programación explícita. Este enfoque se basa en la idea de que las máquinas pueden aprender a partir de experiencias y ejemplos, en lugar de depender únicamente de la programación humana. Para lograr esto, se aplican algoritmos que permiten a las máquinas detectar patrones en los datos y ajustar sus acciones en consecuencia.

El Machine Learning es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, desde la detección de fraudes en transacciones financieras hasta la predicción del clima, la identificación de imágenes y la toma de decisiones en tiempo real. La capacidad de las máquinas para aprender de manera autónoma y adaptarse a nuevas situaciones les da una ventaja en muchas tareas que de otra manera serían difíciles o imposibles para los humanos.

Existen diferentes tipos de Machine Learning, incluyendo el aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo. En el aprendizaje supervisado, el modelo aprende a partir de ejemplos etiquetados, mientras que en el aprendizaje no supervisado, el modelo aprende a partir de datos sin etiquetar. En el aprendizaje por refuerzo, el modelo aprende a través de la interacción con su entorno, recibiendo recompensas o castigos según sus acciones.

Este apartado de la Inteligencia Artificial tiene un gran potencial para transformar muchos aspectos de la sociedad, desde la medicina y la industria hasta la educación y el entretenimiento. Sin embargo, también plantea importantes desafíos éticos y sociales, como la privacidad de los datos¹ y el sesgo algorítmico². Por lo tanto, es importante que se

1 Un ejemplo de estos datos son las conversaciones registradas en Chat GPT.

2 El sesgo algorítmico ocurre cuando un sistema de machine learning refleja los valores de las personas que lo desarrollaron o entrenaron.

aborden estos problemas de manera adecuada para asegurar que el Machine Learning sea utilizado de manera responsable y efectiva en beneficio de la sociedad en general.

6.3.5.2. Bases del Machine Learning

El proceso de aprendizaje de las máquinas comienza con la preparación de los datos. Esta etapa implica la recolección, limpieza y transformación de los datos en un formato que pueda ser procesado por un algoritmo de aprendizaje automático. Es importante tener en cuenta que la calidad de los datos influye directamente en el rendimiento del modelo.

Posteriormente, se procede a la selección del algoritmo adecuado para el tipo de tarea que se desea realizar. Existen diversos tipos de algoritmos de aprendizaje automático, entre ellos, los algoritmos de aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo. Los algoritmos de aprendizaje supervisado son aquellos en los que se proporciona al algoritmo un conjunto de datos de entrada y su correspondiente salida deseada, con el objetivo de que la máquina pueda aprender a predecir la salida a partir de los datos de entrada. Por otro lado, los algoritmos de aprendizaje no supervisado no tienen una salida deseada, sino que se utilizan para identificar patrones y estructuras en los datos. Finalmente, los algoritmos de aprendizaje por refuerzo se basan en el concepto de recompensa y castigo para aprender a realizar una tarea específica.

Una vez que se ha seleccionado el algoritmo adecuado, se procede a la fase de entrenamiento. En esta etapa, el algoritmo se alimenta con los datos de entrenamiento y ajusta sus parámetros para minimizar el error en la predicción de la salida. El objetivo es que el modelo sea capaz de generalizar datos nuevos que no fueron utilizados en el entrenamiento. Es importante destacar que el proceso de entrenamiento puede llevar mucho tiempo y esfuerzo, dependiendo de la cantidad de datos y la complejidad del modelo.

Una vez que el modelo ha sido entrenado, se procede a la fase de evaluación. En esta etapa, se utilizan datos de prueba para medir el rendimiento del modelo. El rendimiento se mide a través de diversas métricas, como la precisión, el recall y la F1-score. Estas métricas permiten evaluar la calidad del modelo y su capacidad para generalizar a datos nuevos.

Finalmente, si el rendimiento del modelo es satisfactorio, se puede proceder a la fase de implementación, en la que se utiliza el modelo para realizar predicciones en datos nuevos. Es importante destacar que la implementación del modelo en un entorno de producción puede requerir una integración compleja con otros sistemas y una gestión cuidadosa de los recursos computacionales para garantizar un rendimiento óptimo del modelo. Además, es importante seguir monitoreando el rendimiento del modelo y actualizarlo periódicamente para asegurar su eficacia a lo largo del tiempo.

6.3.5.3. Tipos de Machine Learning

Existen tres tipos principales de Machine Learning: el aprendizaje supervisado, el aprendizaje no supervisado y el aprendizaje por refuerzo. Cada uno de ellos tiene sus propias características, peculiaridades y funcionamiento. A continuación, se detallan cada uno de los tipos de Machine Learning en profundidad:

A. Aprendizaje Supervisado

El aprendizaje supervisado es una técnica de Machine Learning que se utiliza para enseñar a un algoritmo a realizar una tarea específica a partir de un conjunto de datos de entrenamiento previamente etiquetados. En el aprendizaje supervisado, el algoritmo recibe un conjunto de datos de entrada junto con sus correspondientes etiquetas de salida, y aprende a mapear los datos de entrada a las etiquetas de salida correspondientes. Luego, el algoritmo puede usar esta información aprendida para hacer predicciones precisas sobre nuevas entradas.

El proceso de aprendizaje supervisado se divide en dos etapas principales: entrenamiento y prueba. En la etapa de entrenamiento, el algoritmo recibe un conjunto de datos de entrada etiquetados y ajusta sus parámetros internos para minimizar la diferencia entre las predicciones del modelo y las etiquetas reales. En la etapa de prueba, el algoritmo se evalúa en un conjunto de datos de prueba no visto previamente, y se mide su precisión al predecir las etiquetas de salida correctas.

Las aplicaciones del aprendizaje supervisado son amplias y diversas, y van desde la detección de spam en correos electrónicos hasta la identificación de imágenes en redes sociales. Algunos de los algoritmos más populares de

aprendizaje supervisado son la regresión lineal, los árboles de decisión, las redes neuronales y las máquinas de vectores de soporte (SVM).

Aunque el aprendizaje supervisado puede ser muy eficaz en muchos casos, tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, la calidad de los resultados depende en gran medida de la calidad de los datos de entrenamiento, y puede ser difícil obtener conjuntos de datos de entrenamiento adecuados en algunos casos. Además, los algoritmos de aprendizaje supervisado pueden ser menos efectivos cuando se enfrentan a datos no etiquetados o nuevos que no se parecen a los datos de entrenamiento.

B. Aprendizaje no Supervisado

El aprendizaje no supervisado es un campo del Machine Learning que se centra en técnicas de análisis de datos para descubrir patrones y relaciones en un conjunto de datos sin la necesidad de contar con etiquetas o resultados predefinidos. En contraste con el aprendizaje supervisado, el aprendizaje no supervisado no requiere de un conjunto de datos etiquetados para guiar el proceso de aprendizaje. En su lugar, el algoritmo se enfoca en identificar patrones o relaciones en los datos que puedan ser útiles para la resolución de un problema en particular.

Los algoritmos de aprendizaje no supervisado son capaces de aprender de manera autónoma a partir de los datos disponibles, encontrando patrones y estructuras que podrían no ser evidentes para un ser humano. Estos algoritmos pueden ser utilizados en diversas aplicaciones, como la segmentación de clientes, la recomendación de productos y la detección de fraudes.

Entre las técnicas de aprendizaje no supervisado más comunes se encuentran la clusterización y la reducción de dimensionalidad. La clusterización tiene como objetivo agrupar los datos en diferentes clusters o grupos, en base a las similitudes o características comunes que comparten los elementos del conjunto de datos. La reducción de dimensionalidad, por su parte, busca encontrar una representación más simple del conjunto de datos, eliminando aquellas características que no aportan información significativa para el problema en cuestión.

Es importante destacar que el aprendizaje no supervisado es un área en constante evolución y existen diferentes técnicas y algoritmos que se están desarrollando continuamente para mejorar el rendimiento y la eficacia de estos sistemas. El aprendizaje no supervisado tiene limitaciones, como la dificultad para interpretar los resultados obtenidos y la falta de una medida clara de éxito en el proceso de aprendizaje.

C. Aprendizaje por Refuerzo

El aprendizaje por refuerzo es una técnica de aprendizaje automático que se basa en la interacción del agente con el entorno para tomar decisiones óptimas en un entorno dinámico. En este tipo de aprendizaje, el agente recibe retroalimentación del entorno en términos de recompensas o castigos y su objetivo es maximizar la recompensa acumulada a largo plazo.

El aprendizaje por refuerzo consta de tres elementos principales: el agente, el entorno y la función de recompensa. El agente, que es la Inteligencia Artificial, toma decisiones en el entorno, que proporciona información sensorial al mismo y recibe acciones del entorno como entrada. La función de recompensa proporciona una señal de retroalimentación al agente para indicar la calidad de las acciones realizadas.

Existen diferentes algoritmos de aprendizaje por refuerzo, que se pueden clasificar en tres categorías: algoritmos basados en valor, algoritmos basados en política y algoritmos basados en modelo. Los algoritmos basados en valor se centran en aprender una función de valor, que estima la recompensa esperada a largo plazo de un estado dado y una política dada. Los algoritmos basados en política, por otro lado, se centran en aprender directamente la política óptima. Finalmente, los algoritmos basados en modelo utilizan un modelo del entorno para simular la interacción del agente con el entorno y aprender una política óptima.

Es importante destacar que el aprendizaje por refuerzo es una técnica de aprendizaje que se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, como la robótica, los videojuegos y la toma de decisiones empresariales. Además, el aprendizaje por refuerzo es un área de investigación en constante evolución y se están desarrollando continuamente nuevos

algoritmos y técnicas para mejorar su rendimiento y eficacia en diferentes contextos y entornos.

6.3.5.4. Deep Learning

El Deep Learning es una técnica de aprendizaje automático que se utiliza para procesar grandes cantidades de datos y extraer patrones y características complejas a través de múltiples capas de redes neuronales artificiales (Goodfellow et al., 2016). Es un enfoque de aprendizaje profundo que permite que una IA sea capaz de identificar y comprender información en una escala mucho más amplia que otras técnicas de aprendizaje automático.

Esta técnica se basa en la creación de modelos de redes neuronales profundas, que consisten en múltiples capas de nodos que realizan cálculos matemáticos para aprender y extraer características a partir de los datos de entrada (Goodfellow et al., 2016). A diferencia de otras técnicas de aprendizaje automático, el Deep Learning es capaz de trabajar con grandes conjuntos de datos no estructurados o semiestructurados, como imágenes, sonidos, texto y vídeo, y extraer patrones de estos datos para realizar tareas como clasificación, reconocimiento de objetos, reconocimiento de voz, traducción de idiomas, análisis de sentimientos y mucho más.

El funcionamiento del Deep Learning comienza con la alimentación de grandes cantidades de datos a una red neuronal profunda, que utiliza algoritmos de retropropagación para ajustar los pesos de los nodos en cada capa y mejorar la precisión de las predicciones (Goodfellow et al., 2016). Con cada iteración, la red neuronal se vuelve más precisa en la identificación de patrones y características en los datos de entrada, lo que permite que la IA realice tareas cada vez más complejas con mayor precisión (Goodfellow et al., 2016).

El Deep Learning es una tecnología fundamental para el desarrollo de IA y se ha utilizado en una amplia variedad de aplicaciones. Por ejemplo, se ha utilizado en la visión por computadora para el reconocimiento de objetos y la detección de objetos en imágenes y videos, en el procesamiento del lenguaje natural para la traducción de idiomas y la generación de texto, en la robótica para el control y la toma de decisiones, en la medicina para el diagnóstico y el tratamiento, en la detección de fraudes y en la recomendación de contenidos.

BLOQUE C. La Presencia de las inteligencias artificiales en la sociedad actual

6.3.6. Aplicaciones de Inteligencia Artificial

Una aplicación de Inteligencia Artificial es un software que utiliza una serie de técnicas como el aprendizaje automático, el procesamiento de lenguaje natural y la visión por computadora, con el fin de simular la inteligencia humana y llevar a cabo tareas específicas sin intervención directa del ser humano. Esta tecnología se basa en la capacidad de procesar grandes cantidades de datos para encontrar patrones, predecir resultados y tomar decisiones precisas.

Las aplicaciones de IA tienen una serie de características únicas que las diferencian de otras aplicaciones de software. En primer lugar, su capacidad para aprender y mejorar con la experiencia las hace cada vez más precisas con el tiempo. Además, estas aplicaciones pueden manejar datos complejos y no estructurados, como imágenes y texto, y extraer información significativa de ellos. También pueden realizar tareas repetitivas de manera más eficiente y efectiva que los humanos, lo que aumenta la eficiencia y reduce los errores.

Las aplicaciones de IA se utilizan en una amplia gama de industrias, desde la atención médica y la manufactura hasta la banca y el comercio minorista. Un ejemplo de aplicación común es el chatbot de servicio al cliente, que utiliza el procesamiento de lenguaje natural para entender las preguntas y proporcionar respuestas precisas y rápidas. Otro ejemplo es el diagnóstico médico asistido por computadora, que utiliza algoritmos de aprendizaje automático para ayudar a los médicos a hacer diagnósticos más precisos. También se utilizan en análisis de riesgo financiero y vehículos autónomos, entre otros.

El funcionamiento de una aplicación de IA depende del tipo de algoritmo que utiliza. Los algoritmos de aprendizaje supervisado se entrenan utilizando datos etiquetados y son capaces de hacer predicciones precisas en función de los patrones identificados durante el entrenamiento. Los algoritmos de aprendizaje no supervisado, por otro lado, pueden identificar patrones y agrupaciones en datos sin etiquetar, lo que los hace ideales para tareas de exploración de datos. Finalmente, los algoritmos de aprendizaje por refuerzo utilizan

un sistema de recompensa para mejorar su rendimiento con el tiempo, como en el caso de los juegos de ajedrez y Go.

A continuación, se detallan algunos ejemplos de las aplicaciones de Inteligencia Artificial más conocidas y extendidas a lo largo del mundo.

A. Asistentes Virtuales Inteligentes. Los asistentes virtuales inteligentes, como Siri de Apple, Alexa de Amazon y Google Assistant, son aplicaciones populares de IA que utilizan el procesamiento del lenguaje natural para interpretar las solicitudes de los usuarios y proporcionar respuestas o realizar acciones. Por ejemplo, pueden responder preguntas, establecer recordatorios, enviar mensajes o reproducir música. Además, estas aplicaciones también se integran con otros dispositivos y aplicaciones para controlar las funciones del hogar inteligente, como las luces y los termostatos.

B. Motores de Búsqueda. Los motores de búsqueda, como Google y Bing, utilizan algoritmos de aprendizaje automático para mejorar los resultados de búsqueda y proporcionar una experiencia de búsqueda personalizada. Estos algoritmos analizan el comportamiento de búsqueda del usuario, como los términos de búsqueda utilizados y los resultados seleccionados, para adaptar los resultados a las necesidades individuales del usuario. Además, los motores de búsqueda también utilizan la IA para proporcionar información adicional, como las horas de funcionamiento de las empresas o la información del clima, directamente en los resultados de búsqueda.

C. Sistemas de Recomendación. Los sistemas de recomendación, como los que se encuentran en Netflix, Amazon y YouTube, utilizan algoritmos de aprendizaje automático para analizar los patrones de comportamiento del usuario y proporcionar recomendaciones personalizadas de productos, videos o música. Estos algoritmos se basan en el historial de visualización y las preferencias del usuario para seleccionar contenido relevante que pueda ser de interés. Además, los sistemas de recomendación también pueden utilizar la IA para ajustar las recomendaciones en tiempo real en función del comportamiento del usuario.

D. Automatización Industrial. La IA se utiliza en la automatización industrial para controlar y optimizar la producción y el rendimiento de las máquinas y sistemas. Los sis-

temas de IA pueden monitorear el estado de las máquinas en tiempo real, predecir posibles fallas y tomar decisiones de mantenimiento preventivo para minimizar el tiempo de inactividad. Además, los sistemas de IA también pueden optimizar los procesos de producción al ajustar la velocidad y la configuración de las máquinas en función de las condiciones cambiantes del proceso.

E. Reconocimiento de Voz. La tecnología de reconocimiento de voz, como la que se encuentra en los teléfonos inteligentes y en los sistemas de seguridad, utiliza algoritmos de aprendizaje automático para identificar y transcribir la voz humana. Estos algoritmos utilizan modelos de lenguaje y aprendizaje automático para mejorar la precisión de la transcripción y adaptarse a la voz del usuario. Además, la tecnología de reconocimiento de voz también se utiliza en la automatización de tareas, como la transcripción de reuniones o la escritura de correos electrónicos.

F. Imágenes Médicas. La IA se utiliza en la interpretación de imágenes médicas, como radiografías y tomografías computarizadas, para ayudar a los médicos a identificar enfermedades y lesiones. Los algoritmos de IA pueden detectar patrones y anomalías en las imágenes que pueden ser difíciles de detectar para los humanos, y proporcionar una ayuda valiosa en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Además, la IA también se utiliza en la investigación médica para identificar patrones en grandes conjuntos de datos y ayudar a los investigadores a desarrollar nuevos tratamientos y terapias.

G. Vehículos Autónomos. Los vehículos autónomos utilizan la IA para controlar la dirección, la aceleración y la frenada del vehículo. Los sistemas de IA utilizan sensores y cámaras para recopilar datos del entorno y tomar decisiones en tiempo real en función de estos datos. Además, los vehículos autónomos también pueden utilizar la IA para optimizar la eficiencia del combustible y la seguridad del vehículo.

H. Procesamiento de Lenguaje Natural. El procesamiento de lenguaje natural (PLN) se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, como la traducción automática, el análisis de sentimientos y el análisis de opiniones. El PLN utiliza algoritmos de aprendizaje automático para analizar y comprender el lenguaje humano, lo que permite a los sistemas de IA interpretar las solicitudes de los usuarios, responder a preguntas y generar contenido de forma automatizada.

Estas son solo algunas de las aplicaciones de IA más conocidas y extendidas en todo el mundo. La IA también se utiliza en una amplia gama de industrias, como la banca, la logística, el comercio minorista y la energía, para mejorar la eficiencia, reducir los costos y mejorar la experiencia del usuario.

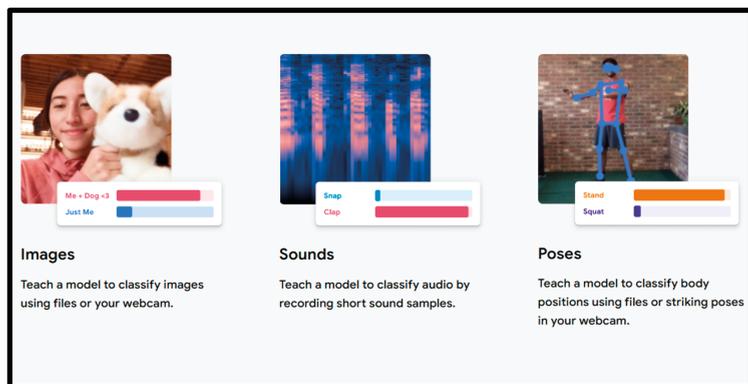


Figura 11. Aplicaciones de sistemas PLN en Google Teachable Machine.
Fuente: Teachable Machine <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

6.3.7. Historia de la Inteligencia Artificial en aplicaciones

A. Antecedentes (1943-1955)

Durante este período se plantearon los primeros conceptos de la Inteligencia Artificial, como el "pensamiento lógico" y la "teoría de la computación". En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts publicaron el primer modelo de neuronas artificiales, y en 1950, Alan Turing propuso el famoso test de Turing para determinar si una máquina podía demostrar un comportamiento inteligente equivalente o indistinguible del de un humano.

B. Edad de Oro (1956-1974)

En 1956, se organizó la Conferencia de Dartmouth, considerada el comienzo oficial de la Inteligencia Artificial. Durante este período, se desarrollaron los primeros programas de ajedrez y juegos de mesa, así como también la primera red neuronal y el lenguaje de programación Lisp. Sin embargo, en la década de 1970 la financiación se redujo debido a las altas expectativas no cumplidas, lo que llevó a un período conocido como "invierno de la IA".

C. Auge de los Expertos (1980-1988)

En este período, los investigadores se centraron en el desarrollo de sistemas expertos, programas que podían

imitar la toma de decisiones humanas en un campo específico, como la medicina o la ley. También se desarrollaron técnicas de aprendizaje automático, como las redes neuronales de retropropagación, que permitieron a las máquinas aprender por sí mismas.

D. Redescubrimiento del Aprendizaje Automático (1988-1993)

Durante este período, se comenzaron a utilizar técnicas de aprendizaje automático para aplicaciones prácticas, como el reconocimiento de caracteres y el diagnóstico médico. También se desarrollaron algoritmos de aprendizaje profundo, como las redes neuronales convolucionales.

E. Auge de Internet y del Big Data (1994-2011)

Con la popularización de Internet y la creciente cantidad de datos disponibles, se comenzó a prestar atención al aprendizaje automático basado en datos. Se desarrollaron algoritmos como los árboles de decisión, el análisis de componentes principales y el aprendizaje por refuerzo. También se crearon los primeros asistentes virtuales y chatbots.

F. Actualidad (2012-Actualidad)

En los últimos años, la Inteligencia Artificial ha tenido un gran impulso gracias a los avances en el aprendizaje profundo y las redes neuronales. Los algoritmos de aprendizaje profundo, como las redes neuronales convolucionales y las redes neuronales recurrentes, han permitido el avance de aplicaciones como el reconocimiento de voz, el procesamiento del lenguaje natural y la visión por computadora. Además, se han desarrollado sistemas de Inteligencia Artificial que pueden imitar la creatividad humana, como la generación de texto y de imágenes.

6.4. TEST DE TURING

El Test de Turing es una prueba que fue concebida en 1950 por el matemático e informático británico Alan Turing. Esta prueba se ideó con el propósito de evaluar si una máquina es capaz de pensar y comunicarse como un ser humano, y ha sido una de las más importantes en el campo de la Inteligencia Artificial. Desde su creación, el Test de Turing ha tenido una gran influencia en el desarrollo de la Inteligencia Artificial.

El Test de Turing es una conversación entre una persona y una máquina que se lleva a cabo a través de un canal de comunicación escrito, como un chat. Durante la conversación, el evaluador no sabe si está hablando con una persona o una máquina, y su objetivo es determinar si la máquina puede engañar al evaluador haciéndose pasar por una persona durante un tiempo determinado. Si la máquina puede engañar al evaluador en un porcentaje significativo de las veces, entonces se puede considerar que la máquina posee una inteligencia comparable a la humana.

A pesar de sus limitaciones, el Test de Turing ha sido utilizado como un referente en el campo de la Inteligencia Artificial y ha sido utilizado para medir la eficacia de los sistemas de chatbot y otros programas de conversación. También ha sido objeto de numerosas competiciones, como la Prueba de Turing de Loebner, que se celebra anualmente para determinar cuál es la máquina que más se acerca al comportamiento humano.

7. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

En el contexto de nuestra investigación cualitativa sobre las capacidades de las inteligencias artificiales de aproximarse a nuestras capacidades mentales y técnicas, implementaremos un enfoque de estudio de encuesta y de expertos para obtener una comprensión del desempeño de las inteligencias artificiales en comparación a la inteligencia humana.

Para recopilar datos, llevamos a cabo dos tipos de experimentos. En primer lugar, aplicamos un cuestionario en forma de encuesta a una muestra de 150 alumnos del instituto público IES Guadarrama, que además incluyó tanto a profesores como a personas relacionadas con el centro. Estas encuestas se realizaron en aulas de informática durante las clases de la misma materia. En segundo lugar, realizamos entrevistas semiestructuradas en profundidad con 4 participantes seleccionados aleatoriamente de nuestra muestra, que abarcó al profesorado del centro y estudiantes universitarios. Estas entrevistas se llevaron a cabo en un entorno cómodo y se registraron para su análisis posterior.

7.1. PRIMER EXPERIMENTO

7.1.1. Recogida de datos

En cuanto a nuestra primera prueba, decidimos llevar a cabo un estudio que involucró a un total de 150 estudian-

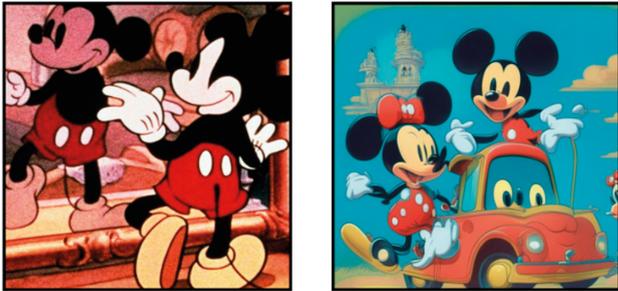
tes, cuyas edades se encontraban entre los 13 y los 18 años, así como varios miembros del profesorado y personas relacionadas con el centro educativo. Esta selección de participantes fue fundamental para ofrecer a su vez el punto de vista de distintas edades.

La elección de los miembros del profesorado y las personas afines al centro se llevó a cabo de manera aleatoria, distribuyendo formularios entre ellos a medida que se hacían disponibles. Por otro lado, los estudiantes participantes completaron el formulario durante sus clases en las aulas de informática.

Para la realización de nuestra encuesta, desarrollamos un formulario estructurado. Este cuestionario incluyó una serie de preguntas en formato de prueba, diseñadas con el propósito de evaluar la capacidad de los encuestados para distinguir entre imágenes y textos de origen artificial o humano. Esto nos permitió obtener una cantidad mayor de datos para nuestro estudio.

Para cada pregunta del formulario, se registraron las opciones marcadas por los encuestados, incluyendo cuestiones sobre su edad, su conocimiento sobre las IAs, su confianza en estas, y las pruebas prácticas ya mencionadas.

PREGUNTA 2: ¿Qué ilustración crees que ha sido realizada por una persona humana? *



La primera.

La segunda.

Ambas.

Ninguna.

No lo sé.

Figura 12. Muestra de una pregunta del formulario presentado.
Fuente: elaboración propia.

7.1.2. Análisis de datos

En el marco del primer experimento, hemos procedido a la recopilación de datos a través del formulario diseñado. Estos datos, una vez recolectados, han sido clasificados, organizándose según el número de pregunta y respuesta para, posteriormente, sintetizarlos en diversas tablas.

	EDAD	CONOCIMIENTO	UTILIDAD	SEGURIDAD	P1	P2	P3	P4	P5	P6
TOTAL 1	0	86	92	35	12	99	21	31	61	38
TOTAL 2	10	64	27	108	109	26	36	51	29	27
TOTAL 3	80	0	31	4	20	8	73	13	12	39
TOTAL 4	40	0	0	3	4	14	12	41	36	10
TOTAL 5	20	0	0	0	5	3	8	14	12	35
R. ESPERADA		1	1	1	2	1	2	3	1	2
% R. ESPERADA		57,33%	61,33%	23,33%	72,67%	66,00%	24,00%	8,67%	40,67%	18,12%
% R. NO ESPERADA		42,67%	38,67%	76,67%	27,33%	34,00%	76,00%	91,33%	59,33%	81,88%

Figura 13. Tablas sobre el conjunto de datos recopilados en el primer formulario. Fuente: elaboración propia.

Durante la fase de análisis de estos datos, hemos llevado a cabo comparaciones entre las respuestas proporcionadas por cada encuestado y aquellas que han demostrado ser más relevantes y valiosas para nuestro estudio.

Por un lado, nos centraremos en las preguntas cualitativas, explorando aspectos como la edad, el conocimiento previo, la percepción acerca de la utilidad de las Inteligencias Artificiales y la confianza del encuestado al responder.

Por otro lado, abordaremos las preguntas de naturaleza práctica, las cuales tratan sobre la distinción entre creaciones humanas y artificiales. Esto nos permitirá profundizar en las dimensiones cualitativas y prácticas de las respuestas recibidas, proporcionando así una perspectiva más completa y detallada para nuestro análisis.

A. Preguntas cualitativas

Centrándonos en las preguntas cualitativas, hemos procedido al análisis y comparación de cada respuesta con las expectativas o respuestas consideradas valiosas para nuestro estudio. A continuación, presentamos los resultados observados para cada interrogante:

- Respecto al rango de edad, se destaca que más del 50% de los encuestados se situaban en la franja de 15 a 16 años.
- En cuanto al conocimiento previo acerca de las Inteligencias Artificiales, se evidencia una división casi equi-

tativa entre aquellos que poseían algún conocimiento sobre IAs y los que no. La diferencia se sitúa en un 15%, a favor de aquellos que afirmaron tener conocimiento.

- En relación con la utilidad percibida de las IAs, se vio que más del 60% de los participantes confían en la funcionalidad práctica de las IAs en el futuro.
- Finalizando con el análisis de los resultados, se observa que más del 76% de los participantes expresaron incertidumbre al responder a las preguntas planteadas, reforzando la semejanza entre la IA y la obra humana.

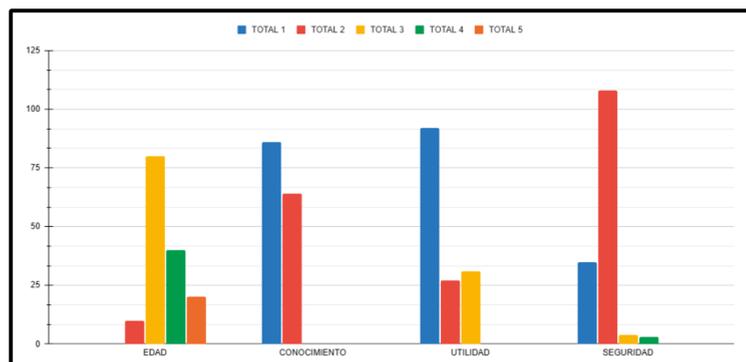


Figura 14. Gráfico de respuestas para las preguntas cualitativas del primer formulario. Fuente: elaboración propia.

B. Preguntas prácticas

Prosiguiendo con las preguntas de carácter práctico, replicamos la metodología empleada en la anterior sección, llevando a cabo la comparación de cada respuesta con la considerada como correcta. En relación a esta serie de cuestiones, hemos obtenido los siguientes resultados:

- En cuanto a las dos primeras preguntas, que involucran el uso de Craiyon (una IA de capacidad inferior), se destaca una precisión mayor por parte de los encuestados. Se logró un 72% de respuestas correctas para la primera pregunta y un 66% para la segunda.
- En lo referente al conjunto de preguntas de la 3 a la 5, en las cuales se utiliza Dall E 3, una IA de mayor capacidad que la anterior, se observa una disminución en la tasa de respuestas correctas. La media registrada es de un 84% de los encuestados respondiendo de manera incorrecta, señalando así la complejidad adicional que esta Inteligencia Artificial más avanzada añade.

- En la última pregunta, diseñada para evaluar la capacidad de redacción de Chat GPT, se observa que un 18% de las respuestas fueron correctas.

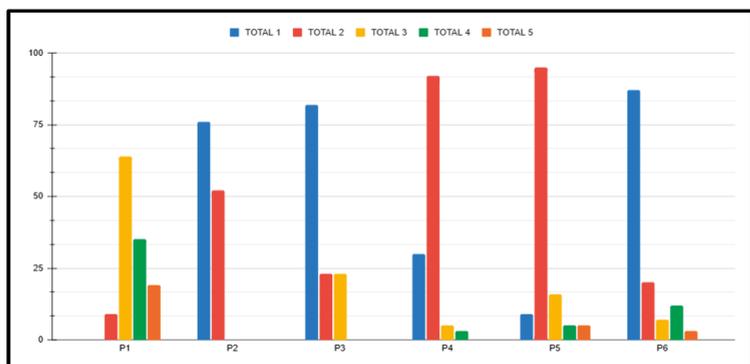


Figura 15. Gráfico de respuestas para las preguntas prácticas del primer formulario. Fuente: elaboración propia.

7.2. SEGUNDO EXPERIMENTO

7.2.1. Recogida de datos

Para la segunda prueba, se llevó a cabo un estudio adicional que implicó la participación de cuatro expertos en diversas áreas. Este grupo incluyó a tres docentes del instituto IES Guadarrama y una licenciada en psicología. La diversidad de campos científicos representados por estos expertos proporcionó una amplia gama de conocimientos para aumentar nuestro material de estudio.

La selección de estos participantes se realizó de manera selectiva, considerando qué campos se adecuaban mejor a nuestros objetivos de estudio.

Para llevar a cabo las entrevistas, se desarrollaron conjuntos de preguntas específicos, adaptados a cada materia. Estas preguntas variaban en complejidad, desde cuestiones más simples hasta problemas prácticos avanzados, lo que nos permitió evaluar el rendimiento de la Inteligencia Artificial, en este caso, Chat GPT, ante una amplia variedad de desafíos.

Las entrevistas se llevaron a cabo individualmente con cada experto y con la Inteligencia Artificial, y se recopiló respuestas detalladas que se utilizaron para analizar y comparar las capacidades de ambas fuentes.

Todas las respuestas, tanto las de los expertos como las de Chat GPT, fueron enfrentadas y recopiladas en un formulario. Este segundo formulario fue presentado y contes-

tado por un grupo de 76 de los alumnos que participaron en el anterior experimento con el fin de comprobar si eran capaces discernir entre las afirmaciones de los expertos y de la IA, proporcionándonos más datos necesarios para enriquecer nuestro segundo análisis.

7.2.2. Análisis de datos

En lo que respecta al segundo experimento, tal como se ha detallado en la sección de recogida de datos, procederemos a dividir el análisis de datos en dos secciones distintas. La primera sección se centrará en la comparación entre las respuestas generadas por Chat GPT y aquellas proporcionadas por los expertos. La segunda sección, por su parte, se enfocará en evaluar la capacidad de la IA para replicar la tarea realizada por los expertos en un entorno educativo.

A. Primera parte

Comenzando con el análisis de las entrevistas, la información y definiciones obtenidas en cada una de ellas se recopiló para su posterior comparación. Estas entrevistas se reprodujeron con Chat GPT, solicitando a la IA que se comportara con base en un texto inicial proporcionado por cada experto. Seguidamente, llevamos a cabo un análisis detallado de cada respuesta, registrando las diferencias y características más notables de la IA en comparación con los expertos. Entre las observaciones más destacadas, se encuentran las siguientes:

- La Inteligencia Artificial demostró proporcionar respuestas más complejas, extensas y detalladas en el 100% de los casos. Como resultado, se le solicitó sintetizar sus respuestas en la segunda parte del experimento, reconociendo la necesidad de manejar la extensión y complejidad de sus aportes.
- Un experto presentó fallos en dos preguntas de naturaleza teórica o factual, específicamente relacionadas con la nomenclatura de especies. En contraste, la Inteligencia Artificial, en este caso Chat GPT, no cometió ningún error en este tipo de preguntas gracias a su amplia base de datos, resaltando así su capacidad para abordar información teórica con precisión.
- La IA cometió múltiples errores en tareas prácticas vinculadas a la nomenclatura de compuestos químicos,

evidenciando que, a pesar de no cometer fallos en preguntas prácticas matemáticas, no alcanza la perfección en todos los ámbitos. Esto remarca la importancia de considerar las limitaciones específicas de la IA en contextos prácticos y temáticas especializadas.

B. Segunda parte

Para fortalecer la primera evaluación de este experimento, solicitamos al grupo de estudiantes que seleccionaran cuáles respuestas consideraban más apropiadas, sin conocer la procedencia de cada una, es decir, sin distinguir entre las respuestas provenientes de los expertos y las generadas por la Inteligencia Artificial.

CUESTIÓN 5: Diferencia entre genotipo y fenotipo. **EXPLICACIONES ***

La primera explicación.

La segunda explicación.

Ninguna.

Figura 16. Muestra de una pregunta del formulario presentado. Fuente: elaboración propia.

Después de la presentación del formulario, procedimos a recopilar y organizar todos los datos de manera sintética en diversas tablas.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	SEGURIDAD
TOTAL 1	11	41	31	30	41	43	34	32	44	22	30	26	62
TOTAL 2	64	32	42	46	30	29	32	37	24	51	37	41	14
R ESPERAD	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
% R ESPERAD	14,47%	53,95%	40,79%	39,47%	53,95%	56,58%	44,74%	48,68%	31,58%	67,11%	48,68%	34,21%	81,58%
% R NO ESPERADA	85,53%	46,05%	59,21%	60,53%	46,05%	43,42%	55,26%	51,32%	68,42%	32,89%	51,32%	65,79%	18,42%

Figura 17. Tablas sobre el conjunto de datos recopilados en el segundo formulario. Fuente: elaboración propia.

Para el bloque de preguntas del 1 al 12, se ha asignado la respuesta 1 a la opción que indica una preferencia por la explicación humana, mientras que la respuesta 2 refleja una preferencia por la explicación proporcionada por la Inteligencia Artificial. En cuanto a la última pregunta, relacionada con el nivel de confianza de los encuestados al dar sus respuestas, se ha asociado la respuesta 1 con cierto grado de duda o inseguridad, mientras que la respuesta 2 se ha vinculado con una seguridad más marcada al contestar.

Al analizar los resultados del formulario, se evidencia una mayor ambigüedad en comparación con experimentos anteriores. La mayoría de las preguntas revelan resultados equilibrados, con una diferencia menor al 15% entre los encuestados que han preferido la explicación del experto frente a la proporcionada por la IA. No obstante, algunas preguntas, como la 1, 10 y 12, presentan opiniones más divididas, con la mayoría de los encuestados fallando en las preguntas 1 y 12, y acertando en la pregunta 10.

Es relevante señalar que más del 80% de los encuestados han experimentado inseguridad al seleccionar sus respuestas, demostrando una dificultad en la distinción entre las explicaciones de ambos bandos.

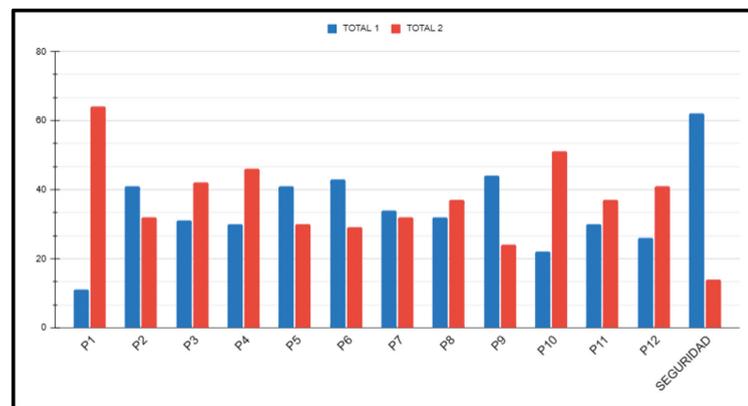


Figura 18. Gráfico de respuestas para las preguntas prácticas del segundo formulario. Fuente: elaboración propia.

8. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Como hemos mencionado en anteriores ocasiones, estas nuevas formas de inteligencia están sujetas a una constante evolución y expansión, impulsadas por la búsqueda de nuevas formas de mejorar y optimizar la calidad de vida del ser humano. En este sentido, existen varias áreas de investigación prometedoras que merecen atención.

8.1. EXPLORACIÓN DE DISTINTOS TIPOS DE IA

La IA es un campo más diverso de lo que se puede dar a entender en este trabajo. Más allá de las técnicas convencionales, como el aprendizaje profundo, existen enfoques

menos comunes que pueden ofrecer perspectivas únicas. Un ejemplo es la lógica difusa, que se centra en la representación de la incertidumbre y la toma de decisiones en contextos ambiguos.

8.2. ESTUDIO DE APLICACIONES DE IA ESPECÍFICAS

Comprender en detalle cómo funcionan aplicaciones de IA específicas, como el modelo GPT (Generative Pre-trained Transformer), puede ser útil para mejorar su desempeño y versatilidad. Esto incluye el análisis de las arquitecturas del modelo y cómo contribuyen a la generación de texto coherente y adecuado. Además, se pueden explorar métodos para adaptar GPT a dominios específicos³.

8.3. ESTUDIO DEL USO DE IAs EN ALGORITMOS

Los algoritmos son la base de muchas aplicaciones de IA. Esto implica investigar algoritmos de machine learning, optimización y planificación, y cómo las IA pueden mejorar su eficiencia y precisión en campos como la logística, la economía y sobre todo, el entretenimiento.

9. CONCLUSIONES Y LIMITACIONES

9.1. CONCLUSIONES

Este estudio ha abordado la complejidad de la Inteligencia Artificial desde diversas perspectivas, desde el análisis comparativo entre la inteligencia humana y artificial hasta la evaluación de aplicaciones específicas como GPT. La hipótesis inicial, que sugiere que la IA puede equipararse a la inteligencia humana en ámbitos como el arte, ha sido sometida a una rigurosa evaluación a través de métodos de investigación fundamentados.

La exploración de similitudes y diferencias entre la inteligencia humana y la artificial revela un panorama complejo, donde las IAs han demostrado capacidad para simular tareas humanas, especialmente, como hemos analizado en el primer experimento, en escenarios artísticos. El análisis

de datos recopilados a través de encuestas y entrevistas con expertos ha proporcionado una comprensión profunda de la percepción de la sociedad hacia la IA y su capacidad para engañar a los humanos en la simulación de trabajos y tareas específicas.

Los experimentos prácticos, que involucraron el uso de diversas IAs como Chat GPT, Dall E 3, y Craiyon, permitieron evaluar el desempeño de estas en comparación con la inteligencia humana. La capacidad de la IA para generar respuestas complejas y detalladas, así como su precisión en algunas áreas específicas, destaca tanto sus fortalezas como sus limitaciones. La ambigüedad experimentada por los encuestados al distinguir entre explicaciones de expertos y respuestas de IA refleja la complejidad de la tarea y la necesidad de un análisis más detallado.

Basándonos en las conclusiones extraídas de este estudio, se delinear perspectivas interesantes para las posibles aplicaciones de la IA en los próximos años. La capacidad demostrada por las IAs para simular tareas humanas, especialmente en el ámbito artístico, sugiere un potencial significativo en campos creativos, como la generación de contenido multimedia, diseño gráfico y producción artística.

Además, la investigación revela que la IA, con sus capacidades para proporcionar respuestas complejas y detalladas, podría desempeñar un papel destacado en la educación y la asesoría, ofreciendo soluciones personalizadas y adaptativas a los estudiantes. La versatilidad de aplicaciones como GPT sugiere un futuro donde la IA no solo complementará la labor humana, sino que también podría convertirse en una herramienta esencial para el aprendizaje individualizado y la resolución de problemas complejos.

Otro campo prometedor se aprecia en la optimización de algoritmos, donde la IA puede contribuir a mejorar la eficiencia y precisión en áreas como la logística, la planificación y la economía. La capacidad de la IA para procesar grandes cantidades de datos y aprender de patrones complejos podría conducir a avances significativos en la toma de decisiones empresariales, el diseño de estrategias logísticas y la planificación a largo plazo en diversos sectores.

³ Como señalan distintos medios de aprendizaje como JetBrains, un lenguaje de dominio específico o DSL es un lenguaje de programación diseñado para la resolución de una clase específica de problemas.

Con todo esto ya mencionado, podemos finalizar afirmando que, basándonos en todo lo investigado en este proyecto, la Inteligencia Artificial sí que es capaz de alcanzar a la humana en ciertos ámbitos como el arte, siendo capaz de jugar un papel en la sociedad del futuro al momento de realizar trabajos o buscar entretenimiento.

9.2. LIMITACIONES

9.2.1. Número de participantes en los experimentos

Una de las limitaciones notables ha sido el número limitado de participantes en los experimentos, con un total de 150. Si bien este tamaño de muestra ha sido suficiente, hay que reconocer que la generalización de los resultados puede verse afectada. En investigaciones futuras, sería beneficioso considerar la posibilidad de aumentar la cantidad de participantes para mejorar la precisión en el análisis de los datos.

9.2.2. Complejidad del tema de las Inteligencias Artificiales

La complejidad relacionada al tema de las Inteligencias Artificiales ha sido otra limitación significativa. La dificultad para estudiar la bibliografía y la necesidad de investigar teoría adicional debido a esta complejidad ha implicado una dificultad adicional.

9.2.3. Monetización de plataformas de Inteligencia Artificial

Otra limitación destacada ha sido la restricción monetaria en relación con la monetización de plataformas de Inteligencia Artificial. La mayoría de las aplicaciones de alta calidad en este campo requieren suscripciones mensuales con costos significativos. Para sortear esta limitación, hemos tenido que depender en gran medida de aplicaciones gratuitas con capacidades más limitadas. Esto ha podido influir en la diversidad de las fuentes de datos y en la variedad de experimentos realizados. En investigaciones futuras, la consideración de opciones de financiamiento adicional o colaboraciones podría solucionar esta limitación y permitir un acceso más completo a las plataformas de Inteligencia Artificial de alta gama.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT press.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2017). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer.

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255-260.

Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). Principles of neural science(6). McGraw-hill.

McCarthy, J. (2007). What is artificial intelligence? Stanford University.

McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5(4), 115-133.

Nielsen, M. A. (2015). Neural Networks and Deep Learning: A Textbook. Determination Press.

Nilsson, N. J. (2014). The quest for artificial intelligence: a history of ideas and achievements. Cambridge University Press.

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., & White, L. E. (2018). Neuroscience. Sinauer Associates.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). Artificial intelligence: a modern approach. Pearson Education.

Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural networks*, 85-117.

Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. Cambridge University Press.

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement learning: An introduction. MIT press.

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460.

LA MÚSICA Y LA FÍSICA
¿La belleza tiene números?

Paula Morata González

Tutora: Pinar Molera Sanz

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutora del proyecto: Pinar Molera Sanz toda su dedicación, estando siempre junto a mí para ayudarme, guiarme y darme ánimos en todo momento con este proyecto.

También quiero dar las gracias a mi tutor de enseñanzas en el conservatorio: Jordan Fumadó Jornet, que desde los diez años ha estado a mi lado adentrándome en el increíble mundo de la música y que tantísimas cosas me ha enseñado, además de darme apoyo y ánimos para realizar este proyecto de investigación.

Por supuesto quiero dar las gracias también a mi familia, pues son mi apoyo incondicional en todo momento.

Por último, me gustaría agradecerles a Silvia Márquez y a Alberto Martínez, catedrática y profesor de clave del conservatorio superior de Madrid respectivamente, por alentarme a realizar esta investigación y también a Luis Antonio Azpicueta, profesor de la universidad Carlos III de Madrid, perteneciente al departamento de teoría de la señal y comunicaciones, por el interés mostrado al hablarle de mi proyecto, así como por reunirse con mi tutora y conmigo para intentar darnos ideas para la investigación.

A todos ellos les doy mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE:

Agradecimientos	272
1. Objetivos	274
2. Metodología	274
3. Marco teórico	274
3.1 Física del sonido	274
3.1.1 La acústica y el sonido	274
3.1.2 Cualidades del sonido y su clasificación	275
3.1.3 Ondas armónicas	275
3.1.4 Relación entre la física y la música.	275
3.2 Música	277
3.2.1 Notas, cifrados, intervalos, tonalidades y acordes	277
3.2.2 El clave	278
3.2.3 Afinaciones y temperamentos	279
3.2.3.1 El círculo de quintas y la afinación pitagórica.	279
3.2.3.2 Temperamento mesotónico durante el Renacimiento y la evolución pasando por otros temperamentos.	281
3.2.3.3 La actualidad y el temperamento igual.	282
4. Hipótesis	282
5. Recogida y análisis de datos	282
5.1 Diseño experimental	282
5.2 Recogida de frecuencias.	285
5.3 Experimentación con la afinación pitagórica	285
5.4 Experimentación con el temperamento mesotónico.	288
5.5 Experimentación con el temperamento igual.	290
5.6 Experimento inverso.	292
6. Conclusiones	293
7. Referencias bibliográficas	293
8. Anexos: audios, justificación.	295

1. OBJETIVOS

Como objetivos o fines que queremos alcanzar con este trabajo, partimos de unos más generales como:

- Crear alianzas para lograr los objetivos entre dos ámbitos tan distantes como son la música y la física.
- Aprender cómo es la estructura y el funcionamiento del clave.
- Conocer cómo se han ido relacionando a través de la historia las leyes de la física del sonido con la música.
- Examinar cómo ha sido la afinación desde la Antigua Grecia y cuáles han sido los temperamentos más importantes hasta nuestros días.
- Y entre los más específicos encontramos:
 - Relacionar con una magnitud física, la frecuencia, si un instrumento está afinado o no, y ver así la relación entre la física y la afinación.
 - Trasladar a los temperamentos esa relación con la frecuencia para verificar su correcta sonoridad.
 - Comparar la proporción entre intervalos del mismo y/o diferente afinación o temperamento.
 - Demostrar mediante el análisis de ondas qué sonidos son más consonantes y cuáles más disonantes.
 - Utilizar nuestras bases de datos a modo de guía para conseguir una afinación del instrumento más efectiva, así como poder determinar el sistema de afinación o temperamento al que cada nota está afinada.

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este proyecto, hemos seguido una serie de pasos. En primer lugar, hicimos una revisión bibliográfica que se verá plasmada en el marco teórico acerca de los conceptos más importantes de la física del sonido, de los conocimientos más básicos de música, sobre el clave y la evolución de los instrumentos musicales para llegar a su creación, así como determinar qué es la afinación, el temperamento y sus principales versiones.

En segundo lugar, hicimos a través de una medición de frecuencias del instrumento afinado a diferentes sistemas con un software, un estudio más profundo y detallado sobre qué diferencias poseen físicamente cada afinación y temperamento, y comprobar de esa manera qué tipo de peculiaridades se dan en cada uno de ellos.

Para ello diseñamos un método experimental donde midiendo la frecuencia con otro software y haciendo una grabación del sonido al tocar cada nota musical, recogimos en una tabla exclusiva para cada afinación o temperamento esos valores y a continuación realizamos con ellos un análisis relacionando estos valores mediante proporciones matemáticas. Posteriormente, estudiamos las consonancias y disonancias entre esas notas musicales de una forma gráfica con la ayuda de un software y también de una forma auditiva, recogiendo como anexos todos los audios en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/drive/folders/1I-DcGs641p1KgIfmEp0CdfqukCSNfMJO?usp=sharing> , o en los archivos (.mp3) incluidos en carpeta adjunta.

Y para finalizar, hicimos un análisis de los resultados obtenidos de los experimentos realizados para corroborar la hipótesis y poder obtener conclusiones.

3. MARCO TEÓRICO

Para desarrollar nuestro marco teórico haremos una distinción entre los campos de la física del sonido y la música. Para ello haremos un repaso de los aspectos más importantes a tener en cuenta.

3.1 Física del sonido

Vamos a ver en primer lugar, los aspectos más importantes del sonido desde el ámbito de la física, principalmente su comportamiento ondulatorio y las magnitudes que lo definen.

3.1.1 La acústica y el sonido

La ciencia que estudia el sonido es la acústica y se encarga de relacionar este fenómeno con leyes físicas y diferentes magnitudes para poder expresarlo de una forma matemática. Sin embargo, “El sonido es una pequeña alteración de la presión atmosférica producida por la oscilación de partículas a través de las cuales se transmite longitudinalmente la onda sonora. Este fenómeno puede producir una sensación auditiva” (Jaramillo Jaramillo, 2007:página 19). Es importante diferenciar, que al contrario de lo que se pensaba hace unos siglos, el sonido, no crea partículas, sino que solamente mueve las ya existentes. Las alteraciones de la presión atmosférica conllevan compresiones y dilataciones de las partículas, creando así ondas. Asimismo,

una onda sonora es una “onda que se origina por la vibración de un cuerpo y transmite el sonido” (Real Academia Española, s.f., definición 1). Estas ondas van haciendo un efecto en cadena unas con otras, de una manera similar al funcionamiento del experimento del péndulo de Newton (figura 1), donde cada una de las bolitas va transmitiendo energía a la siguiente y produciendo así un movimiento. Cerdá Boluda, J. (2015) Naturaleza Física del Sonido. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/49378>

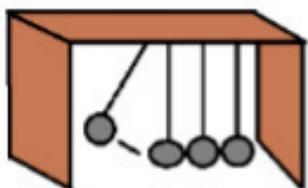


Figura 1: péndulo de Newton (fuente: elaboración propia).

3.1.2 Cualidades del sonido y su clasificación

El sonido como onda, posee las siguientes magnitudes (representadas gráficamente en la figura 2) (Jaramillo, 2007):

- amplitud de onda: máxima distancia que alcanza una onda (medida desde un punto sin ninguna perturbación).
- doble periodicidad, tanto temporal como espacial (periodo y longitud de onda respectivamente). El periodo es el tiempo entre dos puntos idénticos y consecutivos donde la amplitud es cero. La longitud de onda es la distancia que hay entre esos dos mismos puntos.
- frecuencia: es la inversa del periodo, pero se podría definir como el número de oscilaciones completas (con un máximo y un mínimo relativo) por cada unidad de tiempo. Esta magnitud se mide en Hercios (Hz).

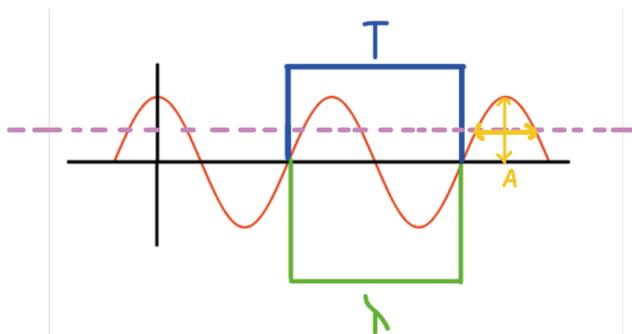


Figura 2: representación gráfica de las magnitudes de una onda (fuente: elaboración propia).

3.1.3 Ondas armónicas

Todas las ondas, incluido el sonido, se pueden expresar como una combinación de las ondas armónicas, que son aquellas que tanto su variación espacial como temporal se pueden expresar mediante funciones armónicas, que son el seno y el coseno y que además son funciones matemáticas trigonométricas. Estas ondas son producidas por un oscilador armónico simple, lo que también quiere decir que describen un movimiento periódico y que por tanto el periodo y la frecuencia se mantienen constantes durante la oscilación. Para describir el desarrollo de este tipo de ondas unidimensionales utilizamos una expresión denominada *Función de onda*, que depende de las dos variables mencionadas anteriormente que se pueden resumir por funciones armónicas, que son el espacio y el tiempo. (Nacenta, Puente, Romo y Trueba, 2016). Esta es la ecuación general (figura 5):

$$Y(x,t) = A \sin(\omega t \pm kx + \varphi_0)$$

Figura 3: ecuación general ondas armónicas unidimensionales (fuente: elaboración propia).

3.1.4 Relación entre la física y la música.

Dependiendo del mecanismo de funcionamiento de cada instrumento musical, podemos diferenciarlos según la clasificación de Marin Mersenne en el: *Traité de l'harmonie universelle*, 1627. Sin embargo, esta clasificación se ha ido convirtiendo poco a poco en más precisa. Aunque, en términos generales, los instrumentos de cuerda que son los que más nos ocupan debido a que el clave es un instrumento de cuerda, se pueden definir de la siguiente manera: [traducción propia]: son aquellos que poseen una o varias cuerdas más o menos tensionadas para que frotando con un arco o pinzando esa cuerda, ésta produzca un sonido determinado.

Si nos fijamos en el clave, vemos que todas ellas están fijadas por sus dos extremos, lo que nos quiere decir que sólo puede emitir unos sonidos en concreto, y consecuentemente cada cuerda sólo puede transmitir vibraciones con unos rangos de frecuencias determinadas, las cuales se pueden subir o bajar afinando una cuerda, que es la acción de tensar o destensar dicha cuerda para obtener el sonido deseado.

Sin embargo, la vibración de una cuerda no es tan simple y es que después de ser percutida, rasgueada... ésta

se estabiliza y produce unos movimientos denominados: “modos normales”. Todos estos movimientos son muy parecidos entre sí, son simétricos y sólo se diferencian en una cuestión de escala. Esto quiere decir que la vibración de la cuerda según avanzan los segundos desde que es tocada, se va produciendo por mitades, tercios, cuartos, etc. Como podemos apreciar en la siguiente figura:

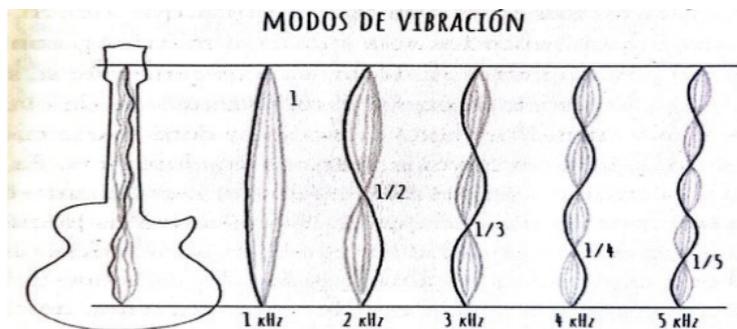


Figura 4: modos de vibración de una cuerda (fuente: La lira desafinada de Pitágoras, autora e ilustradora: Almudena Martín Castro).

Estos modos de vibración posteriores a la “frecuencia fundamental”, que es la más grave en la sonoridad de una cuerda, son los que causan los armónicos, que en términos de física se podrían definir como aquellos en los que “en una onda periódica, cualquiera de sus componentes sinusoidales cuya frecuencia sea un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.” (Real Academia Española, s.f., definición 2). Sin embargo, desde un punto de vista más musical, un armónico es un: “sonido agudo, que se produce naturalmente por la resonancia de otro fundamental, como en los instrumentos de cuerda cuando se apoya con mucha suavidad el dedo sobre los nodos de la cuerda.” (Real Academia Española, s.f., definición 3). En resumen, ya sea en términos físicos o musicales, los armónicos son una serie armónica producida por el conjunto de modos de vibración de la anterior figura. De manera que al tocar una cuerda, en realidad lo que obtenemos es la combinación de las frecuencias de todos sus armónicos o modos de vibración.

Puede parecer increíble que el resultado de juntar todas esas frecuencias sea un sonido bello y agradable, pero esto es porque “las relaciones numéricas entre los sucesivos armónicos del sonido, por tanto, no son fruto de la casualidad ni el capricho estético de algún dios matemático: son resultado de las simetrías de la cuerda y sus formas posibles de vibrar”

(Martín Castro, 2022: 77). Este maravilloso suceso fue descubierto por Pitágoras con la ayuda de un instrumento musical denominado monocordio, que como su propio nombre indica, solamente posee una cuerda de la cual se obtienen distintos sonidos deslizando un puente móvil por debajo de ella a distintas medidas, como las que vimos anteriormente en los modos de vibración, colocando dicho puente en la mitad, en dos tercios, en tres cuartos, etc. (Martín, 2022).

Además, otra relación entre la física y la música, son las pulsaciones o batimentos. Los batimentos son el resultado de la variación temporal entre dos ondas con frecuencias ligeramente distintas, y es lo que produce a nuestro oído un sonido disonante. Cuando pasa este suceso es un indicio claro de que nuestro instrumento no está adecuadamente afinado, lo que quiere decir que por ejemplo en el caso de un piano o un clave, que ambos son instrumentos de cuerda, éstos producen vibraciones con frecuencias resultantes de sonidos no proporcionales. Para afinarlo, habría que tensionar o destensar sus cuerdas para obtener así el sonido deseado, modificando las frecuencias y también la velocidad de propagación de la onda, ya que como podemos ver a través de su ecuación, a mayor tensión tiene una cuerda, mayor es su velocidad de propagación y consecuentemente, si dos cuerdas tienen distinta velocidad de propagación crearán disonancias porque consecuentemente no producen una frecuencia equivalente (Nacenta, Puente, Romo y Trueba, 2016).

Esto lo podemos apreciar en la figura 5, donde se comparan ondas con igual o parecida velocidad de propagación o cuando están completamente desfasadas.

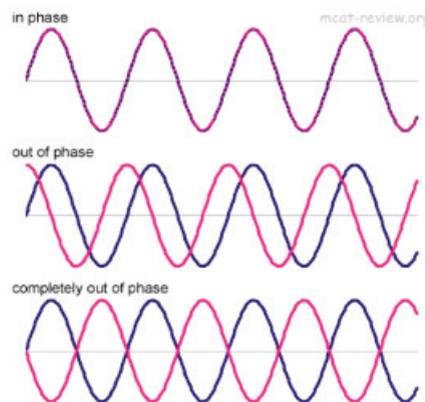


Figura 5: variación temporal entre dos ondas (fuente: <https://es.quora.com/Qu%C3%A9-son-exactamente-en-fase-y-fuera-de-fase-en-t%C3%A9rminos-de-ondas>). Última fecha de consulta: 3-5-2023.

3.2 Música

La física, al igual que la música, nos puede parecer bella, pero para ello es necesario que por ejemplo una teoría, sin esperarlo haga que varias piezas encajen y una nueva verdad sea descubierta. De la misma manera, con la música algunos afortunados de la Antigua Grecia, pudieron ver que algunas relaciones numéricas sencillas y perfectas daban lugar a sonidos que encajaban entre sí y que resultaban verdaderamente bellos. Y es que la música era considerada como una de las ramas de las matemáticas, estudiada por los más afortunados acompañada de otras enseñanzas como la astronomía y la geometría. Algunos de estos afortunados que pudieron escribir sobre las múltiples enseñanzas fueron Ptolomeo, Kepler y Euler, además de otras celebridades a lo largo de la historia como Planck y Einstein (Martín, 2022).

3.2.1 Notas, cifrados, intervalos, tonalidades y acordes

Cada instrumento tiene su propio registro, lo que quiere decir que cada uno de ellos posee un conjunto de sonidos disponibles para tocar, a los que denominamos notas, las cuales se agrupan en conjuntos de 12 en 12, y se les conoce como octavas, puesto que desde una de esas notas hasta su equivalente en su misma posición de otro grupo de 12, hay una distancia de 8 notas naturales. El concepto de notas naturales o alteradas, que es su opuesto se puede comprender de una manera mucho más fácil utilizando como ejemplo un teclado (figura 9), donde las teclas situadas a una altura menor son las naturales y las que están más arriba son las alteradas y con un sonido intermedio a las naturales a las que rodea. Además cada avance de una tecla supone medio tono, y consecuentemente el avance de dos teclas supone un avance de un tono. También, a las notas alteradas se las conoce como sostenidos (#) o bemoles (b) y lo que quieren decir sus símbolos es que el sostenido sube medio tono y el bemol baja medio tono. De esta manera, se producen las “enarmonías” que son notas a las que se las llama diferente pero suenan de la misma manera. Un ejemplo de éstas es: Do# y Reb, que tienen diferente notación pero suenan de la misma forma (Sosa y Domínguez, 2014).

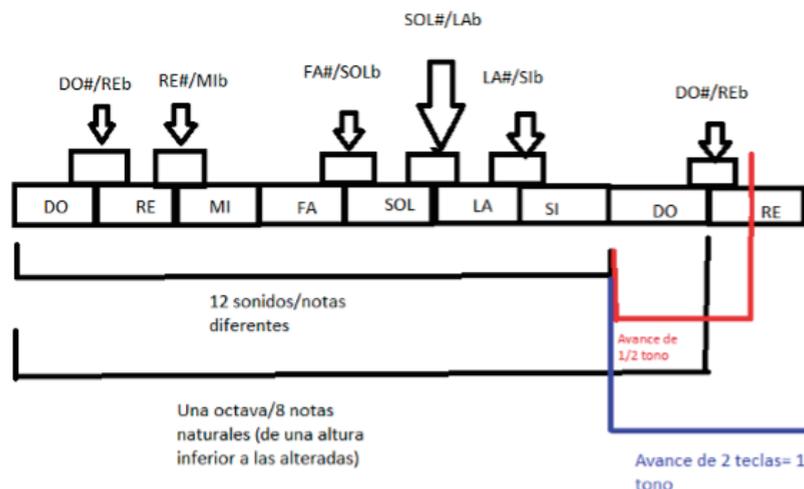


Figura 6: vista frontal de un teclado, distribución de las notas, lo que supone el avance de cada tecla, y concepto de la octava (fuente: elaboración propia).

Viendo el anterior ejemplo sobre un teclado, se puede observar más claramente lo que es una octava y también somos capaces de darnos cuenta que esos grupos de 12 notas por los que están organizados los sonidos son equivalentes al avance de 12 semitonos. “Así como las distancias se pueden medir en metros, centímetros, etc.; en la música éstas se miden con: TONOS Y SEMITONOS”. (Teoría de la música, Juan Sebastián Guevara Sanín, página 33, 2010).

Existen numerosas maneras de denominar a cada nota, y a estas se las llama cifrados. Otro de los cifrados más utilizados en la actualidad es el cifrado americano, en el que a cada sonido se le asigna una letra empezando por asignar la A al “La” y así sucesivamente. Además, adicionalmente se le puede añadir a cada uno un número que corresponde al número de octava en el que se encuentra tomando como referencia el teclado de un piano. La nota de referencia en un piano o en cualquier instrumento de teclado, siempre es el “do central”, que como su nombre nos indica corresponde a la nota “Do” y es la que se sitúa en el centro del teclado. Otra forma de llamar a esta tecla según el cifrado americano, sería C4 y teniendo esa referencia, a todas las notas de esa octava se les puede añadir después el número 4, y lo mismo sucedería con la octava inferior a la que le correspondería el número 3 y a la superior que le correspondería el 5. De la siguiente manera, ésta sería la notación de cada nota (tabla y figura 7). (Tizón y Vela, 2017).

Nota	Cifrado americano
La	A
La# / Sib	A# / Bb
Si	B
Do	C
Do# / Reb	C# / Db
Re	D
Re# / Mib	D# / Eb
Mi	E
Fa	F
Fa# / Solb	F# / Gb
Sol	G
Sol# / Lab	G# / Ab

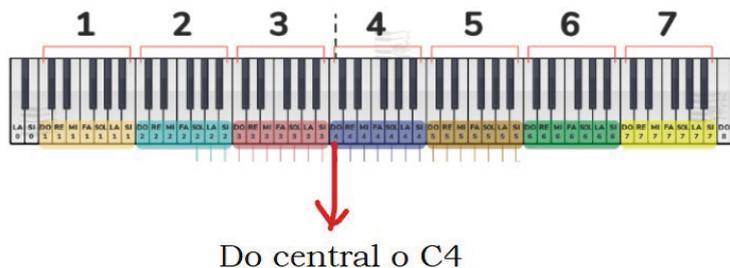


Figura 7: enumeración de las octavas en un teclado (fuente: elaboración propia).

Los intervalos musicales son producidos por la diferencia de altura entre dos notas, que son la fundamental o base y otra cualquiera. Para clasificarlos, utilizamos los tonos y semitonos entre dichas notas para averiguar de qué intervalo se trata. Dependiendo de esta distancia en tonos obtendremos un intervalo mayor, menor o justo (a los que se les conoce como los intervalos “perfectos” y más consonantes), aunque también hay existencia de intervalos no tan comunes, que son los aumentados y disminuidos, de los cuales el aumentado tiene un semitono más que el mayor y el disminuido un semitono menos que un intervalo menor. En cambio, los intervalos justos son considerados como la consonancia pura. Un ejemplo de estos intervalos podría ser una octava justa, que es la distancia entre una nota y la misma de una octava superior. Para calcular un intervalo, tenemos que contar tantas notas como nos hayan dicho (por ejemplo en una quinta contaremos 5 notas) desde la nota de referencia que nos hayan dado (Grabner, 2001). En la siguiente tabla se indican los intervalos más importantes y más utilizados.

Intervalo	Tonos y semitonos por los que está compuesto	Ejemplo
Segunda menor (2 ^o m)	1 semitono o ½ tono	Do-Reb
Segunda mayor (2 ^o M)	1 tono	Do-Re
Tercera menor (3 ^o m)	1 tono y 1 semitono	Do-Mib
Tercera mayor (3 ^o M)	2 tonos	Do-Mi
Cuarta justa (4 ^o J)	2 tonos y 1 semitono	Do-Fa
Quinta justa (5 ^o J)	3 tonos y 1 semitono	Do-Sol
Sexta menor (6 ^o m)	4 tonos	Do-Lab
Sexta mayor (6 ^o M)	4 tonos y 1 semitono	Do-La
Séptima menor (7 ^o m)	5 tonos	Do-Sib
Séptima mayor (7 ^o M)	5 tonos y 1 semitono	Do-Si
Octava justa (8 ^o J)	6 tonos	Do-Do

3.2.2 El clave

Para explicar el paso a los primeros instrumentos de cuerda con teclado, es necesario mencionar al escaque, un instrumento “parecido al órgano pero hecho sonar por cuerdas” (Kottick, 2003) [traducción propia].

El clave o *clavicembalum* (su nombre histórico) es un instrumento musical de madera compuesto por cuerdas que son pinzadas con la ayuda de unas púas, que inician su movimiento de pinzar la cuerda al pulsar las teclas de un número de teclados que depende del instrumento. Pertenece a la familia de cuerda pulsada, en la que las cuerdas son pellizcadas con los dedos o con plectros, que son los que están presentes en el clave y en los que están situados cada púa (Jaramillo, 2008).

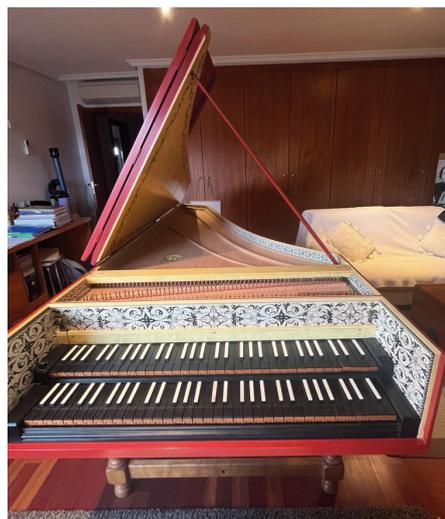


Figura 8: clave francés fabricado en París en 1999 por Atelier Marc Ducornet. Vista frontal del instrumento (fuente: elaboración propia).

3.2.3 Afinaciones y temperamentos

A menudo, los términos de “afinación” y “temperamento” son fácilmente confundibles, sin embargo, existe una sutil diferencia entre ambos.

Hablamos de afinación cuando el objetivo del sistema es conseguir consonancias justas. En este sentido van la afinación pitagórica, con sus quintas justas, y la afinación justa, un intento de combinar quintas y terceras justas. El temperamento consiste más bien en un compromiso entre consonancias justas incomparables, en un ajuste entre consonancias con el que, a costa de desafinar ciertos intervalos, el sistema adquiera determinadas ventajas (Goldáraz, 1992: 13).

“El temperamento musical consiste en definir la altura exacta que deben tener las notas de la escala.” (Di Véroli, 1996: 1). Lo que quiere decir, establecer las alturas para cada uno de los doce semitonos que componen la octava, o lo que es lo mismo, definir cómo será el criterio que utilizaremos para afinar nuestro instrumento. Actualmente, la mayoría de los instrumentos musicales están afinados en el “temperamento igual”. Esto quiere decir que cada octava está dividida en doce partes iguales, que corresponden a cada uno de los semitonos mencionados anteriormente. Este temperamento es muy práctico, pues nos permite tocar con un instrumento en todas las tonalidades sin sufrir grandes disonancias y es bastante preciso, pero la realidad es diferente, y es que este temperamento no es exacto y muchos de los sonidos que lo componen están ligeramente desafinados, pero al ser un sistema tan mundialmente utilizado, finalmente nuestros oídos se han acostumbrado a ello, y esto sólo lo pueden percibir músicos acostumbrados a tocar de forma grupal con instrumentos que están afinados a un diferente temperamento (Di Véroli, 1996).

Sin embargo, la historia de los temperamentos se remonta bastante tiempo atrás, hacia el año 570 a.C. Y es que tanto las bases de la armonía musical como las de la física, parecen haber sido asentadas por Pitágoras. La ley formulada de manera matemática que estableció, fue la de la relación entre una nota musical y la longitud de la cuerda que la produce.

La leyenda, que aunque hoy en día sabemos que es falsa, ya que el sonido y el peso no tienen una relación directa y que probablemente Pitágoras descubriese esta ley con la

ayuda de su monocordio, cuenta que un día, Pitágoras fue atraído por los sonidos que salían de una herrería, producidos por martillos golpeando yunques, que a veces provocaban sonidos consonantes y otras, disonantes. Pitágoras decidió examinar este suceso y vio que el sonido dependía del tamaño de los martillos, que eran de 6, 8, 9 y 12 libras. Además, descubrió que esos sonidos consonantes, producidos con golpes simultáneos, se debían a que estos se podían relacionar mediante fracciones sencillas. Por ejemplo, los martillos de 6 y 12 libras, producían un sonido consonante ya que tenían una relación de $1/2$, descubriendo que al multiplicar el peso de un martillo por dos, obtendría el peso del que produce un sonido equivalente a él mismo pero una octava más agudo, o lo que conoceríamos hoy en día como duplicar su frecuencia. Otras combinaciones de martillos que producían un sonido agradable eran las que se resumían por las fracciones de $4/3$ (que producía un intervalo de cuarta justa) y $3/2$, lo que hoy denominamos como el intervalo de quinta justa o quinta pura, que tendrá mucha importancia para explicar en qué se basaba el sistema de afinación pitagórica. Por el contrario, los que no tenían estas relaciones sencillas producían un sonido disonante (Martín, 2022).

3.2.3.1 El círculo de quintas y la afinación pitagórica.

Para explicar en qué consiste el sistema de afinación pitagórica y los demás temperamentos, utilizaremos el “círculo de quintas” o “reloj de las tonalidades”. Este círculo esquematiza los 12 semitonos de una escala al mismo tiempo que pone en relación cada uno de ellos con su cuarta (a la izquierda de la nota seleccionada) y su quinta (a la derecha de la nota seleccionada), sonidos que según Pitágoras producían consonancias y eran agradables de escuchar. Por ejemplo, si tomamos mismamente el Sol como nota, si hacemos su cuarta (es decir contar cuatro desde ella misma), obtendremos el Do, que está justamente situado a su izquierda. Y si hacemos la quinta (contando cinco notas desde ella misma), vemos que su quinta es el Re, ubicado a la derecha junto al Sol (Vert, 2018).

Una vez comprendido el mecanismo del círculo de quintas, nos enfocamos más en profundidad en la afinación pitagórica. En este sistema la principal cualidad que nos encontramos es que todas las octavas y quintas son justas o puras. Es decir, están perfectamente afinadas respetando

la proporción de que para obtener la quinta de un sonido, ésta es $3/2$ el tamaño de dicha cuerda, y que para obtener la octava superior de una nota, ésta es $1/2$ de su tamaño. De esta manera las quintas suenan en perfecta consonancia, salvo la excepción de la quinta entre el Sol# y el Mib, que es la conocida como “quinta del lobo” o “coma pitagórica”, debido a su sonido más desagradable y disonante.

La explicación de por qué sucede este fenómeno es algo increíble, pues demostramos que no es posible tener un sistema de afinación que sea perfecto y completamente consonante. A pesar de que para los pitagóricos, los únicos sonidos consonantes fueran el unísono e intervalos de quinta y de cuarta, ya que todos los demás les parecían una asociación con lo impuro, lo antirreligioso y con el propio diablo, no fueron capaces de idear una afinación completa de consonancias y siempre encontraban un margen de error que era la quinta del lobo (Barberá, 2013).

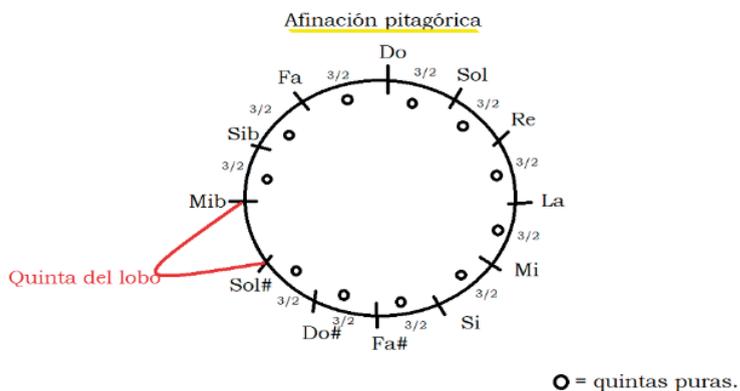


Figura 9: círculo de quintas para explicar la afinación pitagórica (fuente: elaboración propia).

Para explicar más en profundidad qué es la quinta del lobo haremos una demostración de la desigualdad entre unas frecuencias que supuestamente deberían ser idénticas. Si tomamos de referencia el Do más grave de un teclado de 7 octavas y media, y medimos su frecuencia, a ésta la denominaremos “f”. Como descubrió Pitágoras con las proporciones de las cuerdas, la mitad de una cuerda, producía el sonido de la misma nota una octava más alta, lo que quiere decir que tiene el doble de la frecuencia de ese Do que tomamos de referencia. Si seguimos con esa relación y vamos multiplicando por dos a la “f” medida del Do de referencia por cada octava que vamos subiendo hasta llegar

al Do más agudo, finalmente obtendremos el número por el cuál tendremos que multiplicar a la “f” del primer paso para que su frecuencia sea equivalente a la del Do más agudo del teclado (Vert, 2018).



Figura 10: primera parte del experimento para explicar la coma pitagórica (fuente: elaboración propia).

Sin embargo, si queremos llegar al mismo Do8, pero esta vez dando pasos más pequeños, y saltando de quinta en quinta en vez de en octava en octava, repetiremos el mismo procedimiento, sólo que en vez de multiplicar por dos, multiplicaremos por $3/2$ ya que es la proporción que descubrió Pitágoras mediante sus experimentos con el monocordio para obtener una quinta pura desde un sonido (Vert, 2018).



Figura 11: segunda parte del experimento para explicar la coma pitagórica (fuente: elaboración propia).

Una vez concluido el experimento, nos damos cuenta de que avanzando de una nota a otra equivalente a ésta, unas octavas más arriba, si seguimos los principios de proporción de una cuerda, el resultado obtenido es diferente tanto numérica como acústicamente, provocando una disonancia.

De la misma manera, podemos demostrar que si seguimos haciendo un avance de quintas puras, al igual que hemos estado haciendo en nuestro segundo experimento, ter-

minamos en una espiral infinita de la que no se saca ninguna igualdad ni dato en común. Para demostrarlo, podemos afinar un teclado desde su nota más grave progresivamente siguiendo el círculo de quintas y afinando cada una a $3/2$ por la frecuencia de la primera nota (la más grave que tomamos de referencia). Esto lo haríamos sumando a la nota de referencia 3 tonos y un semitono, que es el intervalo descrito por una quinta perfecta según la proporción de los $3/2$.



Figura 12: tercera parte del experimento para explicar la inexistencia de las enarmonías (fuente: elaboración propia).

En conclusión, el problema de la afinación era de tal gravedad que no se encontraba más solución que cerrar la espiral en algún punto para poner cosas en común y conseguir que al tocar una pieza fuese lo más práctico posible.

La afinación pitagórica, al tratarse de un esquema basado en quintas puras, también tenía esta disonancia y provocaba un sonido desagradable al tocar la octava, de la misma manera que hemos visto en el experimento. Como posible solución a este problema, lo que la afinación pitagórica trata de hacer, es “acumular” ese margen de error o coma pitagórica y desplazarla a una de las quintas, en concreto la que va desde el Sol# o Lab al Re# o Mib respectivamente. A esta quinta especial dentro de esta afinación se la llama “quinta del lobo”, y era evitada a la hora de componer cualquier obra musical, pues se consideraba una imperfección propia del diablo (Martín, 2022).

Con esta afinación, finalmente los pitagóricos llegaron a la conclusión de que los sonidos “feos” no eran reales y que solamente los bellos eran “reales”, teniendo una mentalidad como la de la siguiente frase de John Keats: *“La belleza es verdad y la verdad belleza - nada más se sabe en esta tierra, y nada más hace falta”*.

3.2.3.2 Temperamento mesotónico durante el Renacimiento y la evolución pasando por otros temperamentos.

A partir del siglo XV, se empieza a innovar con nuevas sonoridades, y además de la octava y la quinta se introducen otros intervalos como son la tercera y la sexta. Estos intervalos fueron los que verdaderamente empezaron a darle “vida” a la música, con ellos ya se empezaban a apreciar notables diferencias de carácter, con acordes mayores o menores, y así pudiendo expresar más sentimientos con la música, transmitiendo tristeza o todo lo contrario, energía y alegría.

Fue en 1523, con el trabajo de Pietro Aron, “Toscanello in Musica” donde se menciona por primera vez el temperamento mesotónico. Este temperamento toma como base las terceras puras y la diferencia sonora en la quinta del lobo (que sigue situada entre el Mib y el Sol#) pasa a llamarse coma sintónica. Sin embargo, otra diferencia respecto a la afinación pitagórica es que esta vez las quintas que antes eran puras, son rebajadas a $-1/4$ de la coma sintónica, obteniendo así una quinta del lobo que suena muy disonante y todas las demás quintas ligeramente desafinadas para en su lugar obtener la sonoridad perfecta de las terceras (Campos, 2011).

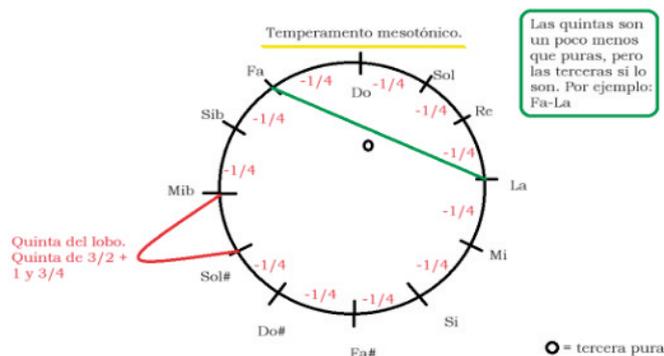


Figura 13: temperamento mesotónico (fuente: elaboración propia).

Todas estas novedades, cambiaron tanto la música como los instrumentos de la época. La afinación se volvió muchísimo más complicada y como resultado se inventó por ejemplo el archiembalo, una variedad del clave pero que a diferencia de él, en vez de utilizar las enarmonías, es decir usar la misma tecla para el Do# que para el Reb, el archiembalo tenía teclas exclusivas para cada nota. (Martín, 2022).



Figura 14: archicémbalo (fuente: ilustración extraída del libro: La lira desafinada de Pitágoras, de Almudena Martín Castro).

A partir de este momento, el temperamento mesotónico no bastó a los músicos y científicos como el que sería el definitivo, por ello según iba pasando el tiempo se fueron ideando un sinnúmero de temperamentos:

3.2.3.3 La actualidad y el temperamento igual.

Finalmente, después de tanta pelea por encontrar la “verdad” en todo este asunto y en la mayoría de los intervalos puros posibles, los “bellos”, la solución no fue otra que en vez de buscar la perfección, se buscara lo más cómodo que nos permitiese tocar en todas las tonalidades sin ningún sonido extremadamente “feo”. Es decir, se podría considerar que el sistema que utilizamos hoy en día es “falso”, pues ninguno de sus sonidos es perfecto, pero lo cierto es que dejando de lado las proporciones más simples como fracciones y otros números racionales que tanto les gustaban a los pitagóricos y que acababan sin dar una solución a este problema en espiral, el remedio fueron precisamente los números irracionales, esos tan odiados por los pitagóricos.

Hoy en día, por cada octava, utilizamos doce semitonos iguales, que vienen definidos por la proporción de la raíz duodécima de 2. El margen de error de este sistema es mínimo y prácticamente imperceptible, a menos que se haga una comparación directa tocando primero un intervalo en otro temperamento o afinación basado en intervalos puros y consecutivamente tocando el mismo intervalo anterior pero con el temperamento igual. Aún con esta prueba, es muy posible que sólo a oídos de un músico con oído absoluto, éste sea capaz de reconocer cuál de los dos intervalos es más puro (Martín, 2022).

Parece irónico que después de tanto esfuerzo por la búsqueda de la perfección durante tantos siglos, finalmente el caos se ordenara creando un sistema que a pesar del margen de error, se basa en la simetría y la regularidad, siendo necesarios para descubrirlo los números irracionales, que a pesar de que empezaron siendo tan repudiados por los pitagóricos, terminaron siendo los únicos capaces de sintetizar la complejidad del arte y del mundo que nos rodea.

4. HIPÓTESIS

La afinación y/o temperamento correcto del clave se corresponde con la medida de unas magnitudes físicas y las proporciones matemáticas entre ellas.

5. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

5.1 Diseño experimental

Para nuestros experimentos lo que haremos será tomar de referencia y como parte experimental del clave, las dos octavas centrales del teclado, es decir, las que van desde el C3 hasta el C5 incluidos.



Figura 15 : zona acotada para la experimentación (fuente: elaboración propia).

Una vez delimitada esta zona experimental, lo siguiente que haremos como parte de nuestra metodología experimental, será afinar o atemperar dicha zona del teclado según las afinaciones y temperamentos más interesantes que hemos explicado en el marco teórico. Estos sistemas sobre los que lo afinaremos serán:

- 1) La afinación pitagórica.
- 2) El temperamento mesotónico.
- 3) El temperamento igual.

Para afinar el instrumento, utilizaremos un software llamado: “clear tune”, que a través de una representación con un círculo y una aguja que se aleja o se acerca al 0 (punto donde la cuerda está perfectamente afinada), es capaz de señalar si se debe tensar o destensar la cuerda para alcanzar el sonido deseado.



Figura 16: software de cleartune en uso para afinar el clave a cada afinación o temperamento (fuente: elaboración propia).



Figura 17: software de clear-tune en uso (fuente: elaboración propia).

Además, para cambiar la tensión de las cuerdas del clave es necesaria una llave de afinar, que consta de un mango central con un orificio en su parte inferior y dos prolongaciones perpendiculares al mango central en la superior, para facilitar así su sujeción y uso. Ese orificio que presenta la llave de afinar, como su propio nombre indica hace de llave, pues tiene las mismas dimensiones que las clavijas del clave. De esta manera, tan sólo introduciendo la llave en cada clavija y girándola conseguiremos tensar o destensar la cuerda. Para llevar esto a cabo, debemos tener en

cuenta que todos los claves siguen el mismo criterio, pues si giramos la llave según las agujas del reloj, tensamos la cuerda y en sentido contrario conseguiremos destensarla.



Figura 18: llave de afinar en vista (fuente: elaboración propia).



Figura 19: parte inferior de la llave de afinar (fuente: elaboración propia).



Figura 20: cómo tensar una cuerda (fuente: elaboración propia).



Figura 21: cómo destensar una cuerda (fuente: elaboración propia).

Una vez afinado el clave en cada una de estas condiciones, lo que haremos será medir la frecuencia de cada nota con cada uno de los temperamentos utilizando otro software llamado: “Airyware Tuner”, también instalado en el móvil.

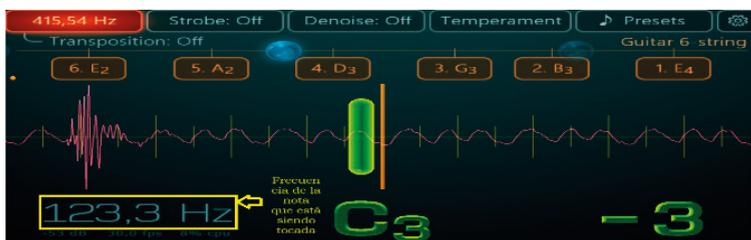


Figura 22: Airyware Tuner en uso (fuente: elaboración propia).

También realizaremos una grabación del sonido de cada nota con una grabadora de voz, como queda representado en la figura 29. De esta manera, el análisis será tanto numérico con las frecuencias (viendo que todas las proporciones mencionadas en el marco teórico son ciertas y buscando qué factores hacen que se produzca una consonancia o una disonancia), como gráfico, trasladando esa grabación del sonido producido por cada nota a un software que nos presente dichas ondas sonoras en una gráfica y podamos reflexionar sobre qué factores las hacen diferentes y que suenen más o menos afinadas. Para el análisis gráfico la herramienta utilizada ha sido el software de tratamiento de sonidos llamado “Audacity” (con un ejemplo visible en la figura 30), que permite representar gráficamente las ondas de varios archivos de audio simultáneamente. De esta manera, he podido realizar la comparación de distintos gráficos de ondas al mismo tiempo, y además, exportar de dicha relación, un audio único formado por un intervalo procedente de las grabaciones originales.

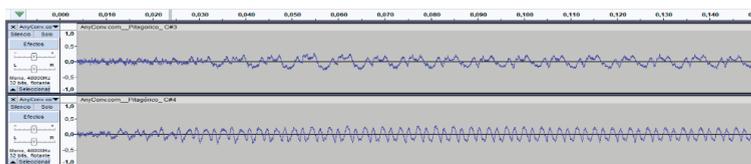


Figura 23: ejemplo de la grabación del sonido de una nota con la grabadora de voz (fuente: elaboración propia).

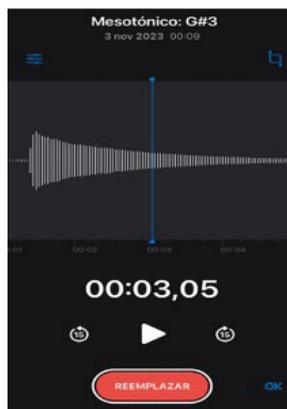


Figura 24: ejemplo de representación de audios con “Audacity” (fuente: elaboración propia).

Todos estos datos serán recogidos en tablas exclusivas para cada temperamento y a partir de ahí aplicaremos las proporciones entre intervalos mencionadas en el marco teórico, para comprobar su veracidad y determinar cuál es el margen de error de cada temperamento y cuánto nivel de impureza poseen. Así, obtendremos tanto una comparación directa entre intervalos del mismo temperamento, como entre la misma nota correspondiente a distintos temperamentos.

Para todos los experimentos realizados, el material utilizado será el siguiente:

- el clave, de modelo flamenco construido por Atelier Marc Ducornet en París en 1999.



Figura 25: fecha y constructor del clave (fuente: elaboración propia).

- Grabadora de voz.
- Software para afinar o temperar el clave: “Cleartune”.
- Software para medir la frecuencia de cada nota: “Airyware Tuner”.
- Excel como manera de recoger los datos y elaborar en tablas todas las operaciones necesarias para demostrar las proporciones.

- Calculadora a modo de comprobación del Excel.
- Software de tratamiento de sonidos llamado: “Audacity”, utilizado para comparar dos ondas simultáneamente a través de gráficas y obtener un audio del intervalo producido por las dos.
- Regla para medir distancias en las gráficas y comparlas.

También cabe señalar las condiciones del espacio en el que se encontraba el clave, pues está situado en una habitación con aproximadamente 22 grados centígrados y una humedad del 45%.

Si los experimentos demuestran la veracidad de nuestra hipótesis, obtendremos unas conclusiones finales y determinaremos qué supone físicamente cada temperamento, con sus consonancias y disonancias.

5.2 Recogida de frecuencias.

Siguiendo nuestra metodología experimental a continuación procedemos a medir las frecuencias con el software de “Airyware Tuner”, del clave afinado en cada sistema con la ayuda de “Cleartune”. Para ello, hemos recogido tres tablas diferentes que corresponden a los tres sistemas de afinación.

Afinación pitagórica.		Temperamento mesotónico.		Temperamento igual.	
Notas	Frecuencias (Hz)	Notas	Frecuencias (Hz)	Notas	Frecuencias (Hz)
C3 (DO 3)	123.0	C3 (DO 3)	124.0	C3 (DO 3)	123.3
C#3 (DO#3)	131.3	C#3 (DO#3)	129.9	C#3 (DO#3)	130.6
D3 (RE 3)	138.3	D3 (RE 3)	139.0	D3 (RE 3)	138.5
D#3 (RE# 3)	145.8	D#3 (RE# 3)	148.6	D#3 (RE# 3)	146.7
E3 (MI 3)	155.7	E3 (MI 3)	155.3	E3 (MI 3)	155.4
F3 (FA 3)	164.0	F3 (FA 3)	166.2	F3 (FA 3)	164.6
F#3 (FA#3)	175.0	F#3 (FA#3)	173.7	F#3 (FA#3)	174.3
G3 (SOL3)	184.4	G3 (SOL3)	185.8	G3 (SOL3)	184.7
G#3 (SOL#3)	197.0	G#3 (SOL#3)	194.2	G#3 (SOL#3)	195.7
A3 (LA3)	207.5	A3 (LA3)	207.8	A3 (LA3)	207.4
A#3 (LA#3)	218.5	A#3 (LA#3)	222.2	A#3 (LA#3)	219.7
B3 (SI3)	233.5	B3 (SI3)	232.2	B3 (SI3)	232.7
C4 (DO4)	246.0	C4 (DO4)	248.6	C4 (DO4)	246.7
C#4 (DO#4)	262.7	C#4 (DO#4)	259.7	C#4 (DO#4)	261.2
D4 (RE4)	276.6	D4 (RE4)	277.7	D4 (RE4)	276.7
D#4 (RE#4)	291.4	D#4 (RE#4)	297.2	D#4 (RE#4)	293.4
E4 (MI4)	311.1	E4 (MI4)	310.7	E4 (MI4)	310.7
F4 (FA4)	328.0	F4 (FA4)	332.4	F4 (FA4)	329.3
F#4 (FA#4)	350.2	F#4 (FA#4)	347.2	F#4 (FA#4)	348.8
G4 (SOL4)	368.9	G4 (SOL4)	371.7	G4 (SOL4)	369.8
G#4 (SOL#4)	394.0	G#4 (SOL#4)	388.1	G#4 (SOL#4)	391.3
A4 (LA4)	415.0	A4 (LA4)	415.0	A4 (LA4)	415.0
A#4 (LA#4)	437.0	A#4 (LA#4)	444.3	A#4 (LA#4)	438.9
B4 (SI4)	467.0	B4 (SI4)	464.4	B4 (SI4)	465.7
C5 (DO5)	491.5	C5 (DO5)	496.6	C5 (DO5)	493.1

Figura 26, 27 y 28: datos recogidos en una tabla de la afinación pitagórica y temperamentos mesotónico e igual (fuente: elaboración propia).

5.3 Experimentación con la afinación pitagórica

Siguiendo la cronología de esta pequeña selección de sistemas de afinación, realizaremos diferentes cálculos matemáticos con las frecuencias medidas de la afinación pitagórica para comprobar su correcta afinación, proporciones y determinaremos cómo de consonantes son los intervalos que forman las tonalidades afinadas según dicho sistema.

En primer lugar, nos encargamos de comprobar la correcta afinación de octavas, para ello, si seguimos las proporciones dictadas por Pitágoras deberíamos obtener que la frecuencia de una nota es el doble que su correspondiente una octava por debajo. Para llevar a cabo esta relación, la operación matemática que llevaremos a cabo será una división de la frecuencia de la octava superior, entre la inferior, obteniendo así esa proporción. Este análisis queda demostrado en la siguiente tabla, elaborada con Excel con todas las notas del teclado de la zona acotada (de C3 a C5), y en paralelo dejamos una pequeña selección con los cálculos hechos a mano a modo de ejemplificación.

Afinación pitagórica.	Frecuencias (Hz)	Relación entre octavas
C3 (DO 3)	123,00	
C#3 (DO#3)	131,30	
D3 (RE 3)	138,30	
D#3 (RE# 3)	145,80	
E3 (MI 3)	155,70	
F3 (FA 3)	164,00	
F#3 (FA#3)	175,00	
G3 (SOL3)	184,40	
G#3 (SOL#3)	197,00	
A3 (LA3)	207,50	
A#3 (LA#3)	218,50	
B3 (SI3)	233,50	
C4 (DO4)	246,00	2,000
C#4 (DO#4)	262,70	2,001
D4 (RE4)	276,60	2,000
D#4 (RE#4)	291,40	1,999
E4 (MI4)	311,10	1,998
F4 (FA4)	328,00	2,000
F#4 (FA#4)	350,20	2,001
G4 (SOL4)	368,90	2,001
G#4 (SOL#4)	394,00	2,000
A4 (LA4)	415,00	2,000
A#4 (LA#4)	437,00	2,000
B4 (SI4)	467,00	2,000
C5 (DO5)	491,50	1,998

Figura 29 y 30: relación obtenida entre octavas de la afinación pitagórica y una ejemplificación de la proporción obtenida (fuente: elaboración propia).

En segundo lugar, elaboramos también una relación entre quintas puras, pues es por lo que se caracteriza este sistema de afinación. Esto lo haremos haciendo una división de las frecuencias obtenidas de cada nota entre su quinta

inferior, siguiendo así las proporciones de Pitágoras de que $\frac{2}{3}$ de una cuerda debe ser igual a la quinta superior. Es decir, la frecuencia de la fundamental debe ser aproximadamente $\frac{2}{3}$ de la de su quinta superior, o lo que es lo mismo, $\frac{3}{2}$ ó $1,5$ de su quinta inferior (contando con la posibilidad de un pequeño margen de error), a excepción de la Quinta del Lobo, que no cumple la proporción porque fue un ajuste del error acumulado entre esas notas para permitir así el cierre del círculo de quintas (mostrado en los experimentos y demostraciones estudiadas entre las páginas 285 y 290).

A continuación, dejamos la tabla con la elaboración de esta relación entre cada par de notas y justo al lado, una muestra ejemplificativa del análisis de resultados, entre ellos dos quintas puras que cumplen la proporción y en último lugar la desigualdad producida por la quinta del lobo.

Afinación pitagórica.		
Notas	Frecuencias (Hz)	Relación entre las quintas
C3 (DO 3)	123,00	
C#3 (DO#3)	131,30	
D3 (RE 3)	138,30	
D#3 (RE# 3)	145,80	
E3 (MI 3)	155,70	
F3 (FA 3)	164,00	
F#3 (FA#3)	175,00	
G3 (SOL3)	184,40	1,499
G#3 (SOL#3)	197,00	1,500
A3 (LA3)	207,50	1,500
A#3 (LA#3)	218,50	1,499
B3 (SI3)	233,50	1,500
C4 (DO4)	246,00	1,500
C#4 (DO#4)	262,70	1,501
D4 (RE4)	276,60	1,500
D#4 (RE#4)	291,40	1,479
E4 (MI4)	311,10	1,499
F4 (FA4)	328,00	1,501
F#4 (FA#4)	350,20	1,500
G4 (SOL4)	368,90	1,500
G#4 (SOL#4)	394,00	1,500
A4 (LA4)	415,00	1,500
A#4 (LA#4)	437,00	1,500
B4 (SI4)	467,00	1,501
C5 (DO5)	491,50	1,498

$$\frac{C4}{F3} = \frac{246}{164} = \frac{3}{2} = 1,50$$

$$\frac{A#3}{D#3} = \frac{218,5}{145,8} = 1,499$$

$$\frac{D#4}{G#3} = \frac{291,4}{197} = 1,479 \neq 1,5$$

↑
Quinta del Lobo

*Apreciamos la sutil diferencia de esta quinta respecto a las otras, ésta es llamada "Quinta del Lobo". Según el círculo de quintas en el marco teórico, es producida entre G# y Eb, que es equivalente a G# y D# y a que es una enarmonía (concepto definido en la página 17) y que por no seguir la proporción de los $\frac{3}{2}$, suena mucho peor que las demás.

Esta diferencia es producida por los experimentos y demostraciones estudiadas entre las páginas 31 y 33 del marco teórico.

Figura 31 y 32: relación obtenida entre quintas de la afinación pitagórica y una ejemplificación de la proporción obtenida (fuente: elaboración propia).

Analizando los resultados, vemos que efectivamente todas las proporciones que dictó Pitágoras son correctas, pues los sonidos “agradables” producidos por intervalos consonantes siempre darán números enteros o serán resultado de fracciones simples. Además de este análisis con las frecuencias, realizando la grabación de manera independiente de cada nota mediante una grabadora de voz, hemos impor-

tado estos archivos a un software de tratamiento de sonidos llamado “Audacity”, que permite representar gráficamente las ondas de varios archivos de audio simultáneamente. De esta manera, he podido realizar la comparación de distintos gráficos de ondas al mismo tiempo, y además, exportar de dicha relación, un audio único formado por un intervalo, que en el caso de la afinación pitagórica será de octavas o de quintas, procedente de las grabaciones originales.

Como anexos de este trabajo (enlace en la metodología de la página 9), pertenecientes a la afinación pitagórica adjuntamos varias grabaciones sonoras para comprobar también de una manera auditiva estas consonancias y disonancias. En el anexo I adjuntamos un primer ejemplo de intervalo de octava pura, más concretamente el formado por las notas C3 y C4, seguidamente, en el anexo II, un ejemplo del mismo intervalo pero formado por las notas G#3 y G#4, en el anexo III, un ejemplo de quinta pura, en particular la formada por las notas C3 y G3, en el anexo IV, otra quinta pura, pero formada por las notas F3 y C4, y finalmente en el anexo V, la única quinta malsonante, la quinta del lobo, formada por las notas G#3 y D#4.

Si comparamos estos audios producidos con el software por la unión de los originales, nos damos cuenta de que todas las octavas y todas las quintas tienen un sonido perfecto y sin ningún tipo de batimento, a excepción de la quinta del lobo, que suena mucho peor que las demás, siendo ésta otra manera de justificar que todas las quintas cumplen la proporción a excepción de dicha quinta.

Si nos fijamos en la comparación de las gráficas (que representan “y” frente a “t”, es decir la elongación en función del tiempo) formadas por las octavas y las quintas, comprobamos que éstas poseen la particularidad de que la nota más aguda describe su movimiento vibratorio más veces en el mismo espacio de tiempo que la nota más grave, comprobando de manera gráfica que esta nota tiene un menor periodo, o lo que es lo mismo, que posee una mayor frecuencia. Más adelante mostramos las gráficas de los mismos ejemplos utilizados anteriormente en el análisis de los intervalos de octava para ver sus proporciones.

Para llevar a cabo todas estas comparaciones de periodos, hemos hecho un estudio ampliando la imagen más todavía de lo que nos proporcionaba el software inicialmente y con la ayuda de una regla. De esta manera, hemos medi-

do la distancia entre puntos idénticos de oscilaciones diferentes, que corresponde al periodo, haciendo referencia a la figura 3. Estos valores los hemos comparado entre sí, para comprobar una vez más si cumplen las proporciones de las cuerdas, pero esta vez a través de la magnitud inversa a la frecuencia, el periodo.

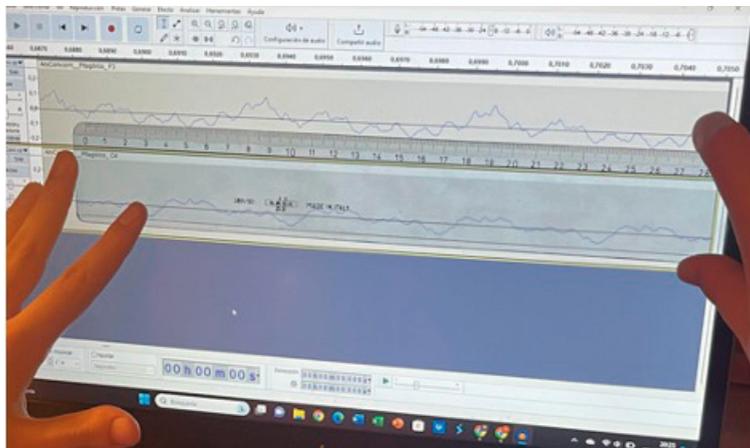


Figura 33: modo de trabajo para medir la distancia, que se corresponde al periodo de una onda (fuente: elaboración propia).

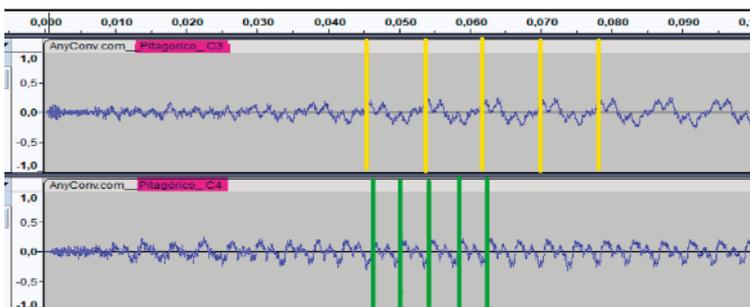


Figura 34: gráficas de la octava formada por C3 y C4 (fuente: elaboración propia).

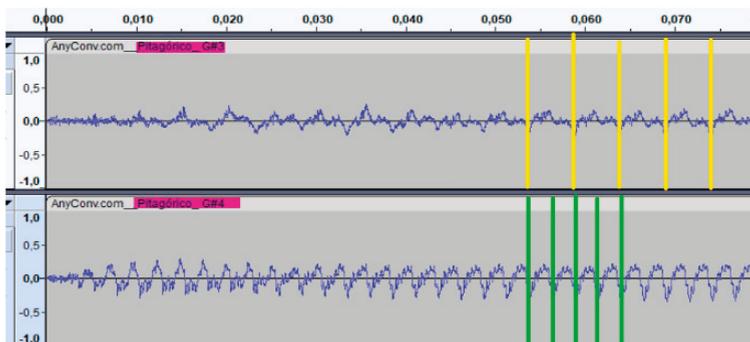


Figura 35: gráficas de la octava formada por G#3 y G#4 (fuente: elaboración propia).

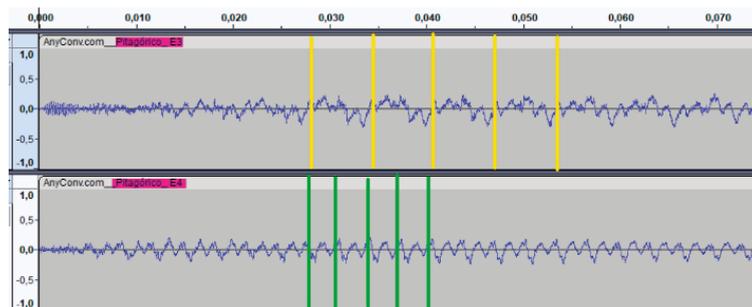


Figura 36: gráficas de la octava formada por E3 y E4 (fuente: elaboración propia).

Comparando con una regla la distancia, que se corresponde al periodo de las gráficas, señalado con las líneas en color amarillo en el caso de la nota más grave y en verde en el de la más aguda, nos cercioramos de que como el periodo es la inversa de la frecuencia, obtenemos los mismos resultados que con las frecuencias pero a la inversa, es decir, el periodo de la nota más aguda es la mitad que el de la más grave, o que si esta vez dividimos el periodo de la más grave entre la más aguda, obtendremos como resultado: 2 de nuevo. Seguidamente dejamos una muestra ejemplificativa de la relación entre estas medidas realizadas con la regla, que aunque no destacan por una excelente precisión nos sirven de guía y a modo de comprobación.

$$\begin{aligned} C_3 = 10\text{cm} \\ C_4 = 5\text{cm} \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} C_3 = 10\text{cm} \\ C_4 = 5\text{cm} \end{aligned}} \right\} \frac{C_3}{C_4} = \frac{10}{5} = 2$$

$$\begin{aligned} G\#3 = 13.2\text{cm} \\ G\#4 = 7\text{cm} \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} G\#3 = 13.2\text{cm} \\ G\#4 = 7\text{cm} \end{aligned}} \right\} \frac{G\#3}{G\#4} = \frac{13.2}{7} = 1.88 \approx 2$$

Figura 37: ejemplificación de la relación entre distancias en los intervalos de octava (fuente: elaboración propia).

A continuación, realizaremos con las quintas el mismo procedimiento, obteniendo la gráfica de los intervalos de quinta utilizados a modo de ejemplo previamente.

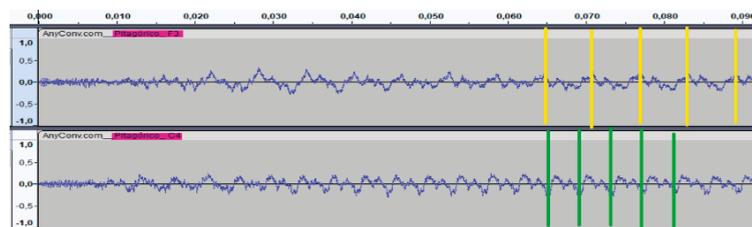


Figura 38: gráficas de la quinta formada por F3 y C4 (fuente: elaboración propia).

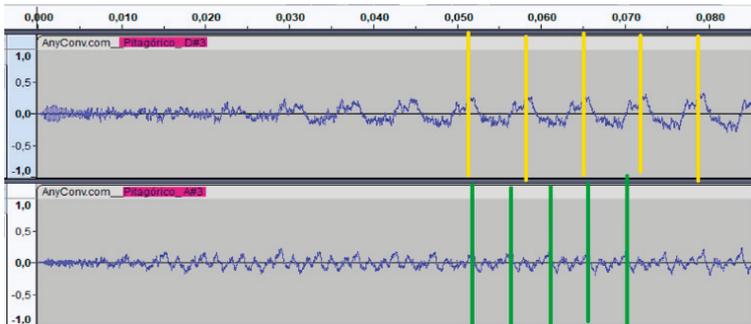


Figura 39: gráficas de la quinta formada por D#3 y A#3 (fuente: elaboración propia).

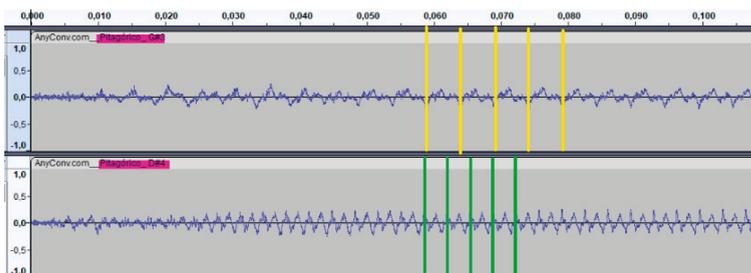


Figura 40: gráficas de la quinta formada por G#3 y D#4, la quinta del lobo (fuente: elaboración propia).

Para analizar los resultados obtenidos por los intervalos de quinta, debido a que por el propio grosor de las líneas de medida del periodo en comparación con la pequeña distancia a ser medida, es difícil establecer una diferencia fidedigna, realizaremos una visión mucho más cercana para medir la comparación de la quinta del lobo y una quinta pura como por ejemplo F3 y C4.

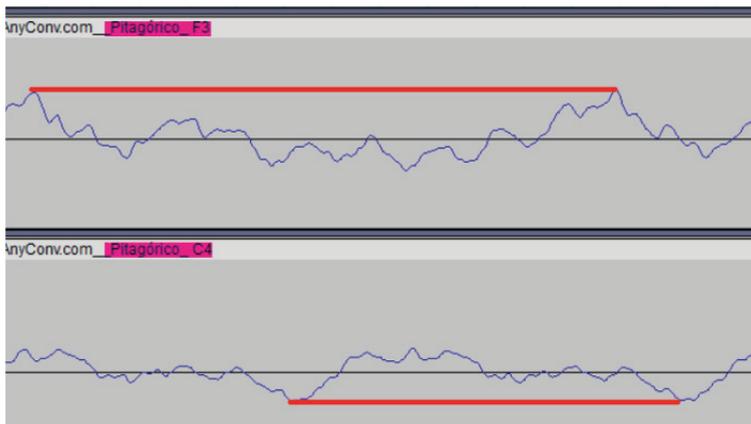


Figura 41: visión ampliada para una medición más precisa formada por la quinta de F3 y C4 (fuente: elaboración propia).

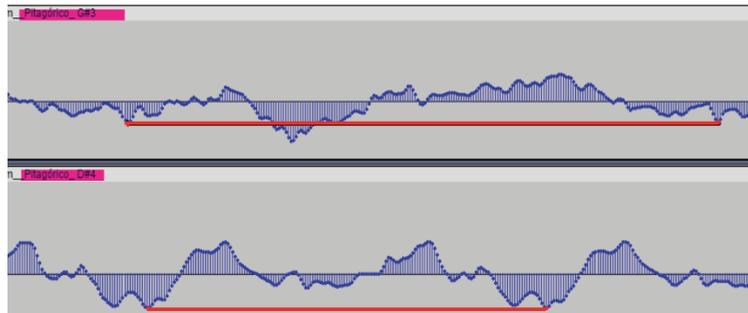


Figura 42: visión ampliada para una medición más precisa de la quinta del lobo, formada por las notas G#3 y D#4 (fuente: elaboración propia).

Con esta otra perspectiva nos resultó mucho más sencillo obtener los resultados de medida y una vez más comprobamos cómo la quinta del lobo no cumple la proporción de los $\frac{2}{3}$, puesto que aunque se queda cerca del valor de 1.5, de la misma manera que nos ocurrió anteriormente con el estudio de frecuencias, los decimales marcan muchísima diferencia y en la práctica sonora ésta es todavía mucho más notable.

$G\#3 = 16.3 \text{ cm}$	}	$\frac{G\#3}{D\#4} = \frac{16.3}{11} = 1.482 \neq 1.5$
$D\#4 = 11 \text{ cm}$		Quinta del lobo
$F3 = 10.4 \text{ cm}$	}	$\frac{F3}{C4} = \frac{10.4}{6.9} = 1.507 \approx 1.5$
$C4 = 6.9 \text{ cm}$		

Figura 43: ejemplificación de la relación entre distancias en intervalos de quinta pura (ejemplo de abajo) y la quinta del lobo (ejemplo de arriba) (fuente: elaboración propia).

Con estos experimentos concluimos que para la afinación pitagórica la hipótesis formulada se confirma y que sí hay una relación entre una afinación correcta mediante la magnitud física de la frecuencia y las proporciones matemáticas entre ellas.

5.4 Experimentación con el temperamento mesotónico.

Según las bases del temperamento mesotónico ahora las quintas no son puras, sino que están rebajadas a $-\frac{1}{4}$ de la coma sintónica (diferencia producida en la serie de quintas de este temperamento). Por lo tanto, seguimos encontrando la quinta del lobo, aunque ahora nos planteamos la duda de cuál de las dos quintas del lobo (producidas siempre entre el D#4 y el G#3) será más disonante.

Por otro lado, el temperamento mesotónico presenta la ventaja de que sus terceras son puras, y como Pitágoras con su afinación no las consideraba como buenos intervalos, pues le resultaban disonantes, averiguaremos a continuación qué proporción siguen éstas. Para hacerlo, de la misma manera que hicimos anteriormente con las octavas y quintas de la afinación pitagórica, estableceremos una relación (división) entre las frecuencias de una nota y su tercera mayor descendente. Y seguidamente, haremos una pequeña ejemplificación de tres terceras con los cálculos a mano.

Temperamento mesotónico.		
Notas	Frecuencias (Hz)	Relación entre terceras
C3 (DO 3)	124,000	
C#3 (DO#3)	129,900	
D3 (RE 3)	139,000	
D#3 (RE# 3)	148,600	
E3 (MI 3)	155,300	1,252
F3 (FA 3)	166,200	1,279
F#3 (FA#3)	173,700	1,250
G3 (SOL3)	185,800	1,250
G#3 (SOL#3)	194,200	1,250
A3 (LA3)	207,800	1,250
A#3 (LA#3)	222,200	1,279
B3 (SI3)	232,200	1,250
C4 (DO4)	248,600	1,280
C#4 (DO#4)	259,700	1,250
D4 (RE4)	277,700	1,250
D#4 (RE#4)	297,200	1,280
E4 (MI4)	310,700	1,250
F4 (FA4)	332,400	1,280
F#4 (FA#4)	347,200	1,250
G4 (SOL4)	371,700	1,251
G#4 (SOL#4)	388,100	1,249
A4 (LA4)	415,000	1,248
A#4 (LA#4)	444,300	1,280
B4 (SI4)	464,400	1,249
C5 (DO5)	496,600	1,280

$$\frac{E3}{C3} = \frac{155,300}{124,000} = 1,252$$

$$\frac{G\#3}{E3} = \frac{194,200}{155,300} = 1,250$$

$$\frac{E4}{C4} = \frac{310,700}{248,600} = 1,250$$

1,250 = $\frac{5}{4}$ ← proporción de las terceras puras

Figura 44 y 45: relación obtenida entre terceras del temperamento mesotónico y ejemplificación de la proporción (fuente: elaboración propia).

A partir de estos cálculos elaborados, proporcionamos como anexo VI, una ejemplificación auditiva de la sonoridad entre estos intervalos de terceras puras, más concretamente entre las notas E3 y G#3 y en el anexo VII una muestra del

mismo intervalo pero esta vez entre las notas G3 y B3.

A continuación demostraremos la proporción entre quintas, que en el caso de este temperamento, que aunque no son puras, son una aproximación y no suenan disonantes aunque presentan algún batimento (el resultado de la variación temporal entre dos ondas con frecuencias ligeramente distintas) en su escucha. De la misma manera, se nos plantea la duda de que en este caso la diferencia entre la quinta del lobo producida por la coma sintónica, es mayor que la de la afinación pitagórica. Y seguidamente haremos una pequeña ejemplificación, hecha a mano, de los cálculos realizados.

Temperamento mesotónico.		
Notas	Frecuencias (Hz)	Relación entre quintas
C3 (DO 3)	124,000	
C#3 (DO#3)	129,900	
D3 (RE 3)	139,000	
D#3 (RE# 3)	148,600	
E3 (MI 3)	155,300	
F3 (FA 3)	166,200	
F#3 (FA#3)	173,700	
G3 (SOL3)	185,800	1,498
G#3 (SOL#3)	194,200	1,495
A3 (LA3)	207,800	1,495
A#3 (LA#3)	222,200	1,495
B3 (SI3)	232,200	1,495
C4 (DO4)	248,600	1,496
C#4 (DO#4)	259,700	1,495
D4 (RE4)	277,700	1,495
D#4 (RE#4)	297,200	1,530 *
E4 (MI4)	310,700	1,495
F4 (FA4)	332,400	1,496
F#4 (FA#4)	347,200	1,495
G4 (SOL4)	371,700	1,495
G#4 (SOL#4)	388,100	1,494
A4 (LA4)	415,000	1,494
A#4 (LA#4)	444,300	1,495
B4 (SI4)	464,400	1,495
C5 (DO5)	496,600	1,494

*Quinta del lobo: en este temperamento se produce por la coma sintónica y apreciamos que su diferencia respecto a las otras quintas es mayor que en la afinación pitagórica, esto se verá claramente manifestado en la grabación producida por este intervalo respecto a las demás quintas (realizando una hipótesis de que su sonido será algo más disonante todavía que en el caso de la quinta del lobo producida por la coma pitagórica).

Figura 46: relación obtenida entre quintas del temperamento mesotónico (fuente: elaboración propia).

$$\frac{G3}{C3} = \frac{185,8}{124,0} = 1,498 \neq 1,5 \leftarrow \text{Quintas rebajadas a } -1/4$$

$$\frac{D4}{G3} = \frac{277,7}{185,8} = 1,495 \neq 1,5$$

$$\frac{D\#4}{G\#3} = \frac{297,2}{194,2} = 1,530 \gg 1,479 \leftarrow \text{Valor de la quinta del lobo producida por la coma pitagórica. (Quinta del lobo)}$$

Figura 47: ejemplificación de la proporción entre quintas en el temperamento mesotónico (fuente: elaboración propia).

De esta relación recogemos los siguientes audios: en el anexo VIII un ejemplo de quinta rebajada a $-1/4$ de la coma sintónica, en este caso formada por las notas C3 y G3 y en el anexo IX la quinta del lobo formada en este temperamento por las notas G#3 y D#4.

Habiendo realizado dicha relación, llegamos a la conclusión de que a diferencia de la quinta del lobo producida por la coma pitagórica, cuya relación (1,479) no llega a la deseada de 1,5 por defecto, tiene una proporción menor a la deseada, que es lo contrario que le sucede a la quinta del lobo producida por la coma sintónica, pues su relación (1.530) tampoco es la deseada de 1,5, pero en este caso por exceso, es decir, tiene una proporción mayor a la conveniente.

Llegando a esta conclusión, nos planteamos cuál de las dos quintas del lobo suena peor, y esto se podría valorar de manera subjetiva, aunque también evidente mediante los audios producidos por el software de los dos intervalos de quinta, pero lo cierto es que también podemos hacerlo de una manera objetiva, pues simplemente viendo cuál se aleja más de la proporción ideal podemos determinar cuál suena peor.

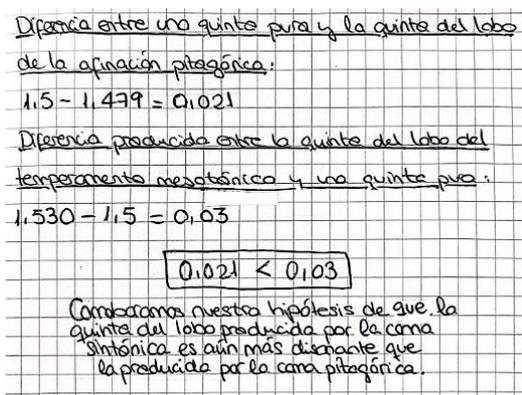


Figura 48: ¿Qué quinta del lobo suena peor? (fuente: elaboración propia).

A través de estos cálculos tan sencillos corroboramos nuestra suposición sobre que la quinta del lobo del temperamento mesotónico es más disonante que la del pitagórico, pero no sólo eso, sino que también nos cercioramos una vez más de que mediante cálculos matemáticos obtenemos proporciones que determinan si un sonido es “bello” o no lo es, así como comparar su nivel de “belleza sonora”.

Para verificar esto de una manera práctica, os invito a escuchar con atención nuestros audios de los anexos V y IX, y

así comprobar por vosotros mismos que el anexo IX (la quinta del lobo del temperamento mesotónico) suena ligeramente peor que el anexo V (la del pitagórico).

Y para finalizar con nuestro análisis de este temperamento, comprobamos una vez más, pero esta vez de manera gráfica las proporciones entre terceras. Lo realizaremos como ejemplo entre las notas: E3 y G#3. Los valores no son exactos, pues la precisión de la medición con la regla no es la mejor, pero sí es muy aproximada, por lo que nos vale como método de comprobación para detectar algún posible error.

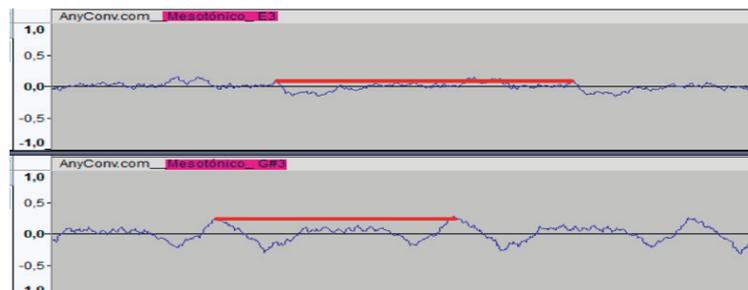


Figura 49: medición gráfica realizada para la tercera formada por las notas: E3 y G#3 (fuente: elaboración propia).

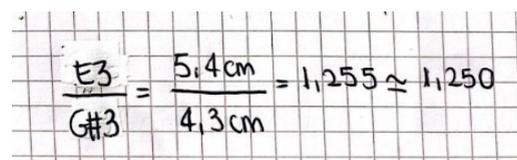


Figura 50: ejemplificación de la relación entre distancias en un intervalo de tercera pura (fuente: elaboración propia).

Con esta segunda fase de experimentación sobre el temperamento mesotónico corroboramos nuestra hipótesis sobre la correspondencia entre una magnitud física y las proporciones matemáticas entre ellas.

5.5 Experimentación con el temperamento igual.

Volviendo a la música actual, a continuación examinaremos las proporciones de este temperamento, empezando por la relación entre semitonos y seguidamente con intervalos de tercera y de quinta, y así comprobar cómo de desafinadas se encuentran éstas, pues aunque lo estén, es tan sutil la diferencia que pocos músicos son capaces de distinguirla.

En primer lugar, comprobaremos la proporción del temperamento, que se basa en que todos los semitonos son iguales entre sí, pues siguen todos la proporción de la raíz

duodécima de 2, que pasándolo a formato decimal sería 1,059. A continuación adjuntamos la tabla con la relación obtenida entre todos los semitonos de la zona acotada del teclado y justo al lado algunos ejemplos para visualizar mejor el cálculo realizado.

Temperamento igual.		
Notas	Frecuencias (Hz)	Relación entre semitonos
C3 (DO 3)	123,300	
C#3 (DO#3)	130,600	1,059
D3 (RE 3)	138,500	1,060
D#3 (RE# 3)	146,700	1,059
E3 (MI 3)	155,400	1,059
F3 (FA 3)	164,600	1,059
F#3 (FA#3)	174,300	1,059
G3 (SOL3)	184,700	1,060
G#3 (SOL#3)	195,700	1,060
A3 (LA3)	207,400	1,060
A#3 (LA#3)	219,700	1,059
B3 (SI3)	232,700	1,059
C4 (DO4)	246,700	1,060
C#4 (DO#4)	261,200	1,059
D4 (RE4)	276,700	1,059
D#4 (RE#4)	293,400	1,060
E4 (MI4)	310,700	1,059
F4 (FA4)	329,300	1,060
F#4 (FA#4)	348,800	1,059
G4 (SOL4)	369,800	1,060
G#4 (SOL#4)	391,300	1,058
A4 (LA4)	415,000	1,061
A#4 (LA#4)	438,900	1,058
B4 (SI4)	465,700	1,061
C5 (DO5)	493,100	1,059

$$\frac{C\#3}{C3} = \frac{130,6}{123,3} = 1,0592 \approx \sqrt[12]{2}$$

$$\frac{C5}{B4} = \frac{493,1}{465,7} = 1,0588 \approx \sqrt[12]{2}$$

$$\frac{A\#3}{A3} = \frac{219,7}{207,4} = 1,0593 \approx \sqrt[12]{2}$$

Figura 51 y 52: relación obtenida entre semitonos del temperamento igual y ejemplificación de su proporción (fuente: elaboración propia).

En segundo lugar, sabiendo que en este temperamento las quintas no son puras, al igual que en el mesotónico, se nos plantea la duda de qué quintas son más disonantes, si las del temperamento mesotónico o las del igual, para ello seguiremos el mismo proceso que hicimos para comparar las quintas del lobo, primero buscaremos qué proporción siguen las quintas del temperamento igual y posteriormente compararemos estos resultados con los obtenidos de las quintas del mesotónico (sin tener en cuenta su quinta del lobo puesto que en el temperamento igual no debería haber ninguna quinta que suene notablemente más disonante que las demás).

Temperamento igual.		
Notas	Frecuencias (Hz)	Relación entre quintas
C3 (DO 3)	123,300	
C#3 (DO#3)	130,600	
D3 (RE 3)	138,500	
D#3 (RE# 3)	146,700	
E3 (MI 3)	155,400	
F3 (FA 3)	164,600	
F#3 (FA#3)	174,300	
G3 (SOL3)	184,700	1,498
G#3 (SOL#3)	195,700	1,498
A3 (LA3)	207,400	1,497
A#3 (LA#3)	219,700	1,498
B3 (SI3)	232,700	1,497
C4 (DO4)	246,700	1,499
C#4 (DO#4)	261,200	1,499
D4 (RE4)	276,700	1,498
D#4 (RE#4)	293,400	1,499
E4 (MI4)	310,700	1,498
F4 (FA4)	329,300	1,499
F#4 (FA#4)	348,800	1,499
G4 (SOL4)	369,800	1,499
G#4 (SOL#4)	391,300	1,498
A4 (LA4)	415,000	1,500
A#4 (LA#4)	438,900	1,496
B4 (SI4)	465,700	1,499
C5 (DO5)	493,100	1,497

Figura 53: relación obtenida entre quintas del temperamento igual (fuente: elaboración propia).

Si realizamos una media de todos los valores obtenidos en esta relación, conseguiremos así el valor real de la proporción y si lo comparamos con otra media de la proporción de las quintas pero del temperamento mesotónico podremos ver cuál es más próxima al valor deseado de 1,5.

Media obtenida de las quintas del temperamento igual para ver su proporción
 Proporción = \sum de las proporciones obtenidas / 18
 (Número de quintas producidas dentro de la zona acotada)
 = 1,498255355

Media obtenida de las quintas del temperamento mesotónico para ver su proporción
 Proporción = \sum de las proporciones obtenidas / 13
 (Número de quintas producidas dentro de la zona acotada sin tener en cuenta la quinta del lobo)
 = 1,499882353

Comparación con la proporción de 1,5
 1,5 - 1,498255355 = 0,001744644
 1,5 - 1,499882353 = 0,000117647

Como $0,001744644 > 0,000117647$ llegamos a la conclusión de que aunque por muy poco, suenan algo más disonantes las quintas del temperamento igual que las del mesotónico, aunque la verdad es que es una diferencia tan mínima que a la práctica es irreconocible y podríamos aproximar que tienen un mismo nivel de impureza.

Figura 54: ¿Qué quintas suenan peor, las del temperamento igual o las del mesotónico? (fuente: elaboración propia).

Finalmente, con esta última fase de experimentos, volvemos a comprobar nuestra hipótesis, señalando que a través de la magnitud de la frecuencia y de proporciones somos capaces de demostrar en primer lugar las bases de cada temperamento, así como realizar comparaciones directas entre intervalos y en segundo lugar comprobar cuantitativamente cuál suena “mejor” y cuál “peor”.

En el caso de la comparación entre estas dos quintas, la diferencia es mucho menos notable que entre las dos quin-

tas del lobo (visible entre los anexos V y IX), esto queda ejemplificado si comparamos el audio del anexo VIII con el del anexo X, que se corresponde al mismo intervalo, pues es la quinta formada por las notas C3 y G3, pero esta vez en temperamento igual.

5.6 Experimento inverso.

Además, realizaremos un experimento final en el que a través de una medición de frecuencias, de nuevo con el software de “Airyware Tuner”, de notas de diferentes temperamentos, aleatoriamente escogidas por otra persona y afinadas sin un afán de tantísima precisión como en la primera ocasión, seremos capaces mediante una comparación con la primera medición del proyecto, de determinar de qué nota se trata, en qué temperamento está afinada y si no lo está del todo, determinar si hay cierto margen de mejora.

De esta manera, si se pudiese construir un software con estas bases de datos, se crearía una herramienta muy útil para clavecinistas, aunque podría ser aplicado a cualquier otro instrumento musical, siendo así una ayuda práctica para cualquier músico, puesto que actualmente todos los softwares utilizados para afinar o atemperar un instrumento necesitan primero que dejemos indicado a qué sistema de afinación o temperamento queremos afinar nuestro instrumento. Tomando como referencia estas bases de datos, este paso sería innecesario, pues se podría identificar directamente en qué temperamento se encuentra el instrumento e indicar de la misma manera cuánto de desafinado está para mejorar su sonoridad.

En la siguiente tabla mostramos las frecuencias escogidas al azar por otra persona (escritas en la siguiente tabla en color azul) y justo a continuación mi predicción (escrita en color negro) sobre qué nota se trata, en qué temperamento está afinada y también si se podría mejorar su sonoridad, comparando este valor con los tomados en la primera medición del trabajo.

En un tono verde claro dejamos subrayadas todas las predicciones realizadas, que comparándolas con las de la primera medición vemos que son correctas, y en cuanto a la correcta afinación de cada nota, dejamos marcado en un verde algo más oscuro, las que están perfectas o prácticamente afinadas a la perfección (desde ninguna diferencia hasta 0,2 hercios en comparación con la primera medición), en naranja las que tienen una diferencia desde 0,3

hasta 0,4 hercios respecto a la medición original, pues al no haber hecho una medición tan precisa a propósito, así somos capaces de determinar qué notas habría que afinar algo mejor si queremos mayor precisión, y en último lugar subrayamos en rojo aquellas que marcan una diferencia de 0,5 o superior, siendo notablemente mejorables.

Así, obtenemos una herramienta mejor a la propia habilidad del oído absoluto humano, pues aunque los músicos somos capaces de determinar con un sólo sonido de qué nota se trata, no somos capaces de identificar en qué temperamento está afinada, pues al ser una diferencia tan pequeña, es prácticamente imposible percibirla por nosotros mismos.

EXPERIMENTO INVERSO					
Nota al azar tocada por otra persona	Frecuencia de nota según la primera medición del proyecto	Frecuencia (Hz)	Nota musical	Afinación / Temperamento	Resultado de Afinación
C#3	131,3	131,3	C#3	A. pitagórica	Correcta
E3	155,7	155,8	E3	A. pitagórica	Correcta (diferencia de 0,1)
G#3	197	197,1	G#3	A. pitagórica	Correcta (diferencia de 0,1)
A#3	218,5	218,7	A#3	A. pitagórica	Correcta (diferencia de 0,2)
C4	246	245,9	C4	A. pitagórica	Correcta (diferencia de 0,1)
E4	311,1	311,3	E4	A. pitagórica	Correcta (diferencia de 0,2)
F#4	350,2	350,3	F#4	A. pitagórica	Correcta (diferencia de 0,1)
G4	368,9	368,8	G4	A. pitagórica	Correcta (diferencia de 0,1)
G#4	394	393,9	G#4	A. pitagórica	Correcta (diferencia de 0,1)
C5	491,5	492	C5	A. pitagórica	Mejorable (diferencia de 0,5)
D#3	148,6	148,6	D#3	T. mesotónico	Correcta
F3	166,2	166	F3	T. mesotónico	Correcta (diferencia de 0,2)
G#3	194,2	194	G#3	T. mesotónico	Correcta (diferencia de 0,2)
C#4	259,7	259,5	C#4	T. mesotónico	Correcta (diferencia de 0,2)
E4	310,7	310,3	E4	T. mesotónico/T. igual (comparten la misma medida para el E4)	Algo mejorable (diferencia de 0,4)
F4	332,4	332,1	F4	T. mesotónico	Algo mejorable (diferencia de 0,3)
G4	371,7	371,3	G4	T. mesotónico	Algo mejorable (diferencia de 0,4)
D#3	146,7	146,9	D#3	T. igual	afinación (diferencia de 0,2)
G3	184,7	185	G3	T. igual	mejorable (diferencia de 0,3)
A3	207,4	207,4	A3	T. igual	Correcta
B3	232,7	233	B3	T. igual	Algo mejorable (diferencia de 0,3)
E4	310,7	310,8	E4	T. mesotónico/T. igual (comparten la misma medida para el E4)	Correcta (diferencia de 0,1)
F4	329,3	329,2	F4	T. igual	Correcta (diferencia de 0,1)
G4	369,8	369,8	G4	T. igual	Correcta
G#4	391,3	391,8	G#4	T. igual	Mejorable (diferencia de 0,5)

Figura 55: resultados obtenidos del experimento inverso (fuente: elaboración propia).

Después de este análisis de resultados comprobamos que efectivamente hemos sido capaces de predecir sin ningún error mediante la magnitud física de la frecuencia, la nota de la que se trataba y su temperamento, así como ver cuáles de ellas podrían estar mejor afinadas.

6. CONCLUSIONES

Después de realizar esta investigación sobre la física detrás de la afinación de mi instrumento y los temperamentos más utilizados a lo largo de la historia, obtenemos las siguientes conclusiones:

- En primer lugar, conseguimos desvelar la increíble relación que existe entre música y física, así como las matemáticas, pues nos damos cuenta de que aunque el arte y la ciencia aparentemente no tengan nada que ver, lo cierto es que están muy vinculados, pues el arte, y con ello lo estético, se puede definir numéricamente. Esto lo hemos conseguido demostrando y concluyendo que la belleza de un sonido, al margen de los gustos personales de cada uno, es cuantificable y puede medirse físicamente; al igual que comparar sonidos bien al unísono o interválicos y poder definir cuantitativamente cuál de ellos suena “peor” y cual “mejor”.
- Además, hemos podido deducir proporciones interválicas que desconocía, tales como la de la tercera a través de mediciones y resultados en común, de la misma manera que observar cómo tan pocas unidades y decimales de hercios significan tanto para nuestra afinación.
- Por otro lado, hemos realizado una serie de experimentos para averiguar el porqué de la quinta del lobo, concluyendo en que no es más que un ajuste humano a la interminable espiral donde no había múltiplos en común que cerrasen el círculo, consiguiendo un intervalo que no cumple con las proporciones adecuadas, así como averiguar que aunque la quinta del lobo de la afinación pitagórica y la del temperamento mesotónico tengan el mismo nombre y que lo formen las mismas notas, se diferencian numéricamente y podemos distinguirlos a través de las proporciones entre frecuencias.
- Con nuestras bases de datos hemos sido capaces de demostrar la correcta afinación del clave, así como predecir en qué temperamento estaba afinado y comprobar su

margen de mejora, suponiendo un posible perfeccionamiento para los softwares actualmente utilizados para las prácticas de afinación.

- Gracias a este proyecto, hemos podido deducir que los temperamentos no son sistemas de afinación aislados, sino que en realidad cada sonido que los compone es una variación de la tensión de una cuerda de referencia, en nuestro caso, la nota A4, que la hemos dejado fija a 415 hercios, del mismo modo que se plantea en la teoría de cuerdas; donde cada particularidad o propiedad de una partícula no es más que una variación de una fundamental.
- Y por último concluimos que finalmente, a pesar de tantos intervalos puros y consonancias a cambio de una gran disonancia, la mejor solución es el temperamento igual; ultimando que la completa perfección es físicamente inexistente y que lo verdaderamente bello es la proporción y la igualdad, sin importar si se trata de números racionales o irracionales, siendo bello aquello que en vez de asemejarse a la perfección se parece a la naturaleza.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águila, M.D.; Esquivel, L.S. y Rodríguez, G. C. (2019). “Historia y desarrollo del ultrasonido en la Imagenología”. Cultura y medicina. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medicadelcentro/mec-2019/mec194o.pdf> [fecha de consulta: 3-7-23].
- Arcaraz, M. T. C. (2011). Afinador de Temperamentos Históricos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de México). Recuperado de: https://d1wqtxtslxzle7.cloudfront.net/43253305/tesis.pdf?1456884771=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAfinaciones_y_Temperamentos_Historicos.pdf&Expires=1695315089& [fecha de consulta: 21-9-23].
- Barberá Saiz, J. (2013). Sistema de afinación musical de proporciones áureas. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/18491> [fecha de consulta: 30-8-23].
- Carrión, V. L. (2010). Matemáticas para afinar instrumentos musicales. Suma, 65, 99-104. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Vicente-Liern/publication/359337929_Matematicas_para_afinar_instrumentos_musicales/links/6235a8db72d413197a332802/Matematicas-para-afinar-instrumentos-mu [fecha de consulta: 3-7-23].
- Catalán, L. G. (2012). El órgano ibérico y su música. Neuma (Talca), 1, 20-61. Recuperado de: <https://neuma.atalca.cl/index.php/neuma/article/view/143/140> [fecha de consulta: 5-6-23].
- Cerdá Boluda, J. (2015) Naturaleza Física del Sonido. Recu-

perado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/49378> [fecha de consulta: 1-5-23].

Devoto, D. (1960). *Metamorfosis de una citara*. Recuperado de: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/4065> [fecha de consulta: 5-6-23].

Díaz, J., & Delgado, L. (2002). Instrumentos musicales en los Museos de Urueña. Colección de la Fundación Joaquín Díaz y Museo de la Música, colección Luis Delgado. Urueña, Fundación J. Díaz y Museo de la Música L. Delgado. Recuperado de: <https://funjdiaz.net/museo/ficha.php?id=13> [fecha de consulta: 5-6-23].

Díaz, M. Á. T., & González, M. V. (2018). Cifrado y funcionalidad en la armonía tonal: una propuesta para el aula. *Artes, la revista*, 17(24), 78-100. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7307859> [fecha de consulta: 17-8-23].

Di Véroli, C. (1996). El temperamento musical ayer y hoy. *Boletín de Música Antigua*. Recuperado de: https://d1wqtxs1xzle7.cloudfront.net/43928882/Claudio_Di_Veroli-Temperamento_Ayer_y_Hoy_1996-libre.pdf?1458505315=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEI_Tempera [fecha de consulta: 23-8-23].

Dragan, A. (2013). Evolución de los instrumentos de teclado. *FAMUS: Revista cultural de la Facultad de Música de la UANL*, (6), 18-22. Recuperado de: <http://rac.db.uanl.mx/id/eprint/2806/1/Famus6-0005.pdf> [fecha de consulta: 5-6-23].

García, N.A., Silva, J.F. y Suárez, M.F. (2018). I2. Estudio de las ondas estacionarias en cuerdas. Universidad Industrial de Santander, Colombia. Recuperado de: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=I2.+ESTUDIO+DE+LAS+ONDAS+ESTACIONARIAS+EN+CUERDAS&btnG= [fecha de consulta: 21-6-23].

García-Palmer, R. (2015, August). La historia de los diapasones. In *Anales de Otorrinolaringología Mexicana* (Vol. 60, No. 3, pp. 207-210). Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/anaotomex/aom-2015/aom153j.pdf> [fecha de consulta: 3-7-23].

Garrido, M. J., Sobrevía, C., & Ávalos, K. (1996). Física del Oído. Recuperado de: http://www.kavalos.cl/WP_Kavalos/wp-content/uploads/2018/11/F%20C3%ADsica-del-O%20C3%ADdo-PDF.pdf [fecha de consulta: 2-5-23].

González, O. C. (2015). Mecanismo y evolución histórica del pedal izquierdo: Pedal una corda, celeste, sordina...¿ o pedal de desplazamiento?. *Síneris: revista de musicología*, (23), 1.

Grabner, H. (2001). *Teoría general de la música* (Vol. 10). Ediciones akal. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9DgXMPPiZJYC&oi=fnd&pg=PA5&d->

[q=que+es+un+intervalo+justo+en+la+m%20C3%BAstica&ots=a4gEc3bwVv&sig=KBTv2W7ZhwaD9yf-I7kViBkQ6Do#v=onepa](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9DgXMPPiZJYC&oi=fnd&pg=PA5&d-q=que+es+un+intervalo+justo+en+la+m%20C3%BAstica&ots=a4gEc3bwVv&sig=KBTv2W7ZhwaD9yf-I7kViBkQ6Do#v=onepa) [fecha de consulta: 17-8-23].

Ignasi, D. y Eduard, J. (2011). *Manual Técnico de Sonido*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.

Jaramillo, A.M.J. (2007). *Acústica: la ciencia del sonido*. Colombia: ITM.

Jimenez-Carballo, C. A. (2018). Ondas estacionarias. Recuperado de: <https://core.ac.uk/reader/162569260> [fecha de consulta: 11-5-23]

Kottick, E. L. (2003). *A History of the Harpsichord* (Vol. 1). Indiana University Pres. Recuperado de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uexrDtt7JKEC&oi=fnd&pg=PR15&dq=harpsichord+history&ots=qerx1F_t1C&sig=zWhaCqzogFL-CrdPD7a5sQmvqWJk#v=on [fecha de consulta: 5-6-23].

Kottick, E. L.; Marshall, K. D. y Hendrickson, T.J. “Acústica musical. La acústica del clavicémbalo”. *Investigación ciencia*. 3º trimestre 2000.

Lafarga Marqués, M., Chàfer Bixquert, T., & Llimera, V. (2018). Órganos grecorromanos: hidráulicos y neumáticos: fuentes literarias. Recuperado de: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/38111> [fecha de consulta: 7-6-23].

Luzuriaga, J. y Pérez, R.O. (2006). *La física de los instrumentos musicales*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Martín Castro, A. (2022). *La lira desafinada de Pitágoras, cómo la música inspiró a la ciencia para entender el mundo*. Madrid: HarperCollins.

Miyara, F. (2005). *La música de las esferas: de Pitágoras a Xenakis... y más acá*. Recuperado de: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/esferas.pdf> [fecha de consulta: 5-9-23].

Morais, R., Sousa, M. J., & Salido Domínguez, J. (2014). Arqueología de la música: gaita, órgano hidráulico y otros instrumentos musicales romanos de Bracara Augusta (Braga, Portugal). Recuperado de: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/77473/2/95807.pdf> [fecha de consulta: 7-6-23].

Nacenta, P., Romo, N., Trueba, J.L. y Puente, J. (2016). *Física para 2º de Bachillerato*. Madrid: SM.

Pérez, R. O. y Luzuriaga, J. (2006). *La física de los instrumentos musicales*. Editorial universitaria de Buenos Aires: Buenos Aires.

Remnant, M. (2002). *Historia de los instrumentos musicales*. American Bar Association. Recuperado de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7VSUT3_zJ58C&oi=fnd&pg=PA9&dq=c%20C3%ADtara+historia&ots=luPTTFGrpU&sig=-12jntqRR7uyjlRRvFcvDF7rF92g#v=onepage&q=c%20C3%ADtara%20historia&f=false [fecha de consulta: 5-6-23].

Restrepo, G. E. J. (2008). Introducción a la historia de la música. Curso de apreciación musical. Universidad de Caldas. Recuperado de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tbDiSnHKw-gC&oi=fnd&pg=PA11&dq=historia+del+clavic%C3%A9mbalo&ots=Nq19AGpWfo&sig=BWcn_GJSug7KB [última consulta: 17-5-23].

Ruiz Padillo, D. P. (2017). Fundamentos físicos del sonido. Recuperado de: https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/47640/RuizPadillo_FMA_Acustica_T1.pdf?sequence=6 [fecha de consulta: 9-8-23].

Schopenhauer, A. (1998). Pensamiento, palabras y música. Madrid: Edaf. S.A. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=exN1R3Ryp4sC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Schopenhauer+y+la+m%C3%BAsica&ots=iZId7qbFRi&sig=zIbHdOTLernZ-uMra4b1GEepAU#v=onepage&q=Schopenh> [fecha de consulta: 14-5-23].

Siepmann, J. (2003). El piano. Ediciones Robinbook. Recuperado de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YsMRJ4BW9GUC&oi=fnd&pg=PA9&dq=piano&ots=AgRcriRUpc&sig=cww7GkV_lvxiGStSK_9XFkm7FB8#v=onepage& [fecha de consulta: 15-6-23].

Sosa, R., & Dominguez, M. (2014). Conceptos Básicos del Lenguaje Musical. San Luis: Universidad de La Punta. Recuperado de: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42718215/Teoria_de_la_musica-libre.pdf?1455639245=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConceptos_Basicos_del_Lenguaje_Musical.pdf&Ex [fecha de consulta: 17-8-23].

Thomassin, J. M. (2016). Anatomía y fisiología del oído externo. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1632347516796822> [fecha de consulta: 2-5-23].

Vega, C. P. (2017). Sonido y audición. Universidad de Cantabria, 22. Recuperado de: <https://personales.unican.es/perezvr/pdf/sonido%20y%20audicion.pdf> [fecha de consulta: 2-5-23].

Vert Alcover, C. (2018). La influencia de las matemáticas sobre las afinaciones y los temperamentos en la antigüedad. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/235854012.pdf> [fecha de consulta: 28-8-23].

8. ANEXOS: AUDIOS Y JUSTIFICACIÓN.

Detallamos a continuación el índice de los audios anexos en el siguiente enlace o en los archivos (.mp3) incluidos en carpeta adjunta:

<https://drive.google.com/drive/folders/1IDcGs641p1KGIfr-mEp0CdfqkCSNfMJO?usp=sharing>

1. Anexo I: pitagórico C3-C4
2. Anexo II: pitagórico G#3-G#4
3. Anexo III: pitagórico C3-G3
4. Anexo IV: pitagórico F3-C4
5. Anexo V: pitagórico G#3-D#4 (QUINTA DEL LOBO)
6. Anexo VI: mesotónico E3-G#3
7. Anexo VII: mesotónico G3-B3
8. Anexo VIII: mesotónico C3-G3
9. Anexo IX: mesotónico G#3-D#4 (QUINTA DEL LOBO)
10. Anexo X: igual C3-G3

Anexo XI: justificación y el porqué de este trabajo.

Desde siempre, la música y la física han sido dos de mis materias favoritas y que más me han llamado la atención; tanto en el instituto como en el conservatorio, muy pocas veces he tenido la oportunidad de escuchar la relación entre ambas. Curiosamente, el instrumento que estoy estudiando yo, que es el clave, tiene la peculiaridad de que al pertenecer a la rama de “música antigua”, ha presenciado una gran cantidad de evoluciones a lo largo del tiempo, tanto en el estilo de la música como en otras innovaciones tales como los sistemas de afinación y temperamentos.

El tema de la afinación y los temperamentos siempre me ha llamado la atención y sentí que nunca lo había llegado a comprender del todo a pesar de tener mi propio clave en casa. Esta situación perduró hasta septiembre del 2022, cuando en el conservatorio tuve una asignatura nueva titulada: “Principios de afinación, teoría y práctica”. Con esta asignatura la verdad es que mis dudas no desaparecieron del todo, pero sí que sentí que mi conocimiento del tema se amplió hacia otros campos. En esta asignatura, nos introdujeron la afinación hacia los principios más básicos de la física, nos explicaron su relación con las supersticiones religiosas, las proporciones matemáticas sobre una cuerda construyendo nosotros mismos un instrumento musical como el Monocordio de Pitágoras, etc.

Aquella experiencia en el conservatorio me hizo querer indagar más en el tema, más en concreto en el relacionado con la física, porque era con el que más lagunas me había quedado y no había terminado de comprender. Entonces, decidí que éste sería mi tema para el trabajo de investigación, con el que he podido conocer más a fondo mi instrumento, averiguar la teoría que hay detrás de cada aspecto que se menciona en el conservatorio y que no se llega a profundizar tanto en ello como para saber por qué es así y no de otra forma, y aprender cosas tan aparentemente básicas como saber qué hace físicamente que mi instrumento suene afinado o no.

LE TROISIÈME SEXE

**Análisis sociolingüístico del lenguaje inclusivo
en la lengua española**

Álvaro Moreno Fernández

Tutora: Yolanda Genicio Salomón

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de investigación, de carácter ensayístico-científico, no se ha realizado por su cuenta propia, ni por la del investigador. En unas cuantas líneas, quiero expresar mi gratitud, que no hace justicia a la tremenda ayuda que se me ha prestado.

Para empezar, dar gracias a mi tutora del proyecto, Yolanda Genicio, por aventurarse conmigo en un camino ignoto para ambos, por adentrarnos en lo que era una oscura senda hacia la investigación y, como académicos que ambos somos, un (re)descubrimiento de la sabiduría y la verdad. Además, Ana Genoveva, profesora de Lengua también quien en 1º de Bachillerato me animó a presentar solicitud del proyecto, me ofreció una ayuda notable en la elaboración. Mientras que ella ya tenía otros proyectos en sus manos, decidió y tuvo la valentía de ayudarme a mí, además de a algunos de mis compañeros. Quiero dar gracias a Fernanda Cassana, compañera de clase y que también presenta proyecto en este certamen, por perdurar incluso cuando nuestras plegarias llegaban a oídos sordos. Aunque hubo una desmotivación importante por ambas partes, los dos mantuvimos nuestra posición, representando las Letras y las Humanidades. Mencionar a mi familia y amigos, que me han apoyado y se han interesado tanto por el transcurso del proyecto como el arduo proceso que conlleva. Sobre todo, agradecer a mi padre y a mi madre. Deseo dar especial importancia a algunos profesores del centro que, sin siquiera dudarlo, me han ofrecido material y contenido del cual podía extraer ideas clave.

- *Enrique Ortiz de Lengua y Andrea Mosquera de Filosofía, por informar sobre la creación y estructuración de un proyecto de investigación*
- *Azahara Casero de Clásicas, por proporcionar material sobre el latín y el griego, incluso dándome acceso a su TFG*
- *Ana Isabel García de Lengua, por proporcionar material sobre la Nueva Gramática*
- *Marcos Olmedo de Historia, por aportar material sobre expertos en la lengua como Arturo Pérez-Reverte y Juan Manuel de Prada*
- *Rosa Valle de Filosofía, por proporcionar facilitar sobre renombrados autores de la filosofía, específicamente, Aristóteles y Schopenhauer*
- *Paola Pucci de Tecnología, por entregarme un portátil con el cual se aligeró sustancialmente el proyecto*
- *Begoña Toral de Inglés, por ofrecer material sobre el alemán*
- *Félix Arranz y Capusine Dugats de Francés, por ofrecer material sobre el francés*

¡Muchas gracias! Thank you! Merci beaucoup ! Gratiās uōbis! εὐχαριστῶ!

ÍNDICE:

Agradecimientos	298
1. Epítome	300
1.1. Resumen y palabras clave	300
1.2. Summary and keywords	300
1.3. Résumé et mots-clés	300
1.4. Paucis dictum et uocābula essentiae	301
2. Introducción	301
2.1. Justificación	301
2.2. Hipótesis	301
2.3. Objetivos	302
3. Metodología	302
4. Marco teórico	302
4.1. Neopronombres	304
4.2. Género neutro	306
4.3. Lenguaje inclusivo	311
5. Argumentación	312
5.1. Argumentos	312
6. Conclusiones	327
7. Defensa oral	328
8. Bibliografía	328
9. Anexos	330

1. EPÍTOME

1.1. Resumen

Desde que el hombre es hombre, los conceptos de ‘sexo’ y ‘género’ han ido siempre de la mano y eran inseparables entre sí. Además, el producto de la naturaleza especificó un sexo binario. Esto produce que, en la lengua española, existan dos géneros gramaticales prominentes, el masculino y el femenino. El masculino se ha usado tradicionalmente para incluir ambos sexos, pero ocurre que, tras el surgimiento de los movimientos feministas y la aparición de la mujer en campos laborales, hay un gran interés por expresar de manera explícita la inclusión de ambos sexos. A este fenómeno se le ha llamado ‘lenguaje inclusivo’. Además, a esto se le añade la ruptura social que se ha hecho en el binario de sexo, pues la teoría de género ha causado que diferentes grupos activistas como el colectivo LGTBQIA+ hayan ganado renombre en los últimos años. Generalmente, se defiende que el sexo es de carácter biológico. Sin embargo, el género tiene una relación más próxima con la psicología, creando lo que se llama ‘identidad de género’.

Estos dos acontecimientos han causado que se ponga en cuestión si es justo usar el masculino generalizador como término inclusivo, pues existe tanto el sexo femenino como otras muchas identidades no binarias que también tendrían que ser representadas de manera explícita. Por ello, se busca un término neutro (o inclusivo) que englobe de manera económica todas las identidades de género en un mismo término. Esto se ha manifestado en varias lenguas y las propuestas parecen tener un cierto apoyo, pero sigue siendo una temática altamente debatida y continuamente vista con desdén.

Palabras clave: lenguaje inclusivo, masculino generalizador, género neutro, género gramatical, elle, they singular, teoría de género, neopronombres

1.2. Abstract

Since the dawn of man, the concepts of ‘sex’ and ‘gender’ have always been intertwined and have been inseparable from one another. Besides, the product of nature specified a sex binary. This is the cause of Spanish having two prominent grammatical genders, masculine and feminine. The masculine has been traditionally used to include both sexes, but after the rise of feminist movements and the apparition of

women in fields of labour, there is a great interest in expressing the inclusion of both sexes explicitly. This phenomenon has been named ‘gender inclusive language’. Furthermore, this is added to the social rupture that has been done in the sex binary, due to gender theory causing different activist groups to gain fame in the last few years, such as the LGTBQIA+ community. Generally, it is argued that sex is of biological characteristics. However, gender has a closer relation to psychology, creating what is called ‘gender identity’.

These two occurrences have raised the question of whether it is fair to use a generic masculine as a gender inclusive term, due to the existence of the female sex as well as other many non binary identities that should be represented explicitly as well. Because of this, they are searching for a gender neutral (or inclusive) term that economically includes all gender identities in one singular term. This has manifested across many languages and the proposals seem to have support, but it remains as a highly-debated topic and continuously seen with disdain.

Key-words: gender inclusive language, generic masculine, gender neutral, grammatical gender, singular they, gender theory, neopronouns

1.3. Résumé et mots-clés

Depuis que l’homme est homme, les concepts du ‘sexe’ et ‘genre’ se sont toujours liés et étaient indivisibles entre leurs. En plus, le produit de la nature a spécifié une sexe binaire. Ceci a provoqué que, en espagnol, il y a deux genres grammaticaux promineurs, le masculin et le féminin. En tradition, le masculin a été utilisé pour inclure les deux sexes. Mais il s’agit qu’après le surgissement des mouvements féministes et l’apparition du femme en sphères laboureuses, il y a une grande intérêt pour exprimer de manière explicite l’inclusion de deux sexes. Ce phénomène a été appelé ‘langage inclusif’. En outre, tout ça est ajouté à la rupture sociale qui s’a fait dans le sexe binaire, car la théorie du genre a provoqué que différents groupes activistes, comme le collectif LGTBQIA+, avaient gagné plus de reconnaissance en ces dernières années. En général, il se dit que le sexe est de caractère biologique. Toutefois, le genre a une relation plus proche avec la psychologie, en créant ce qui est ‘l’identité de genre’.

Ces deux événements ont causé qu’il se demande si c’est juste l’utilisation du masculin générique comme terme in-

clusif ou pas, car le sexe female en même temps que des autres identités non binaires existent et ils doivent d'être représentés explicitement. C'est pour ça qu'ils cherchent une terme inclusif neutre (ou inclusif) qu'accueille économiquement toutes les identités du genre dans un même mot. Celà est manifesté dans plusieurs langues et les proposés paraissent avoir de l'aide. Mais il reste comme un thème plus débattu et sans arrêt vu avec dédain.

Mots-clés: langage inclusif, masculin générique, genre neutre, genre grammatical, iel, they singulier, théorie du genre, néopronoms

1.4. Paucis dictum et uocabula essentiae

In hominis orīginibus, cōgitātum 'sexus' et 'genus' semper iūcti ērant insēparābilisque inter eī. Praetereā, creatio natūrae sexus binarium dixit. Per istud, in linguā Hispānicā duō genera grammatica sunt prominentia, masculīnum genus et feminīnum genus. Masculīnum genus semper usurpātum ērat ad intrōductionem utrumque sexuūm, sed post ortūs motūs fēminae mulieribusque ad officium, incitātionem habēmus per exprimere eidentē utrumque genera. Iste succēssus 'lingua inclusiua' fuit uocātus. Insuper, oportet est dīuisionem fāctum in sexū binariō adiicere, nam theōria generis est causa ēleuātionem coetus actiuiisticī, sicut LGBTQIA+ in postrēmīs annīs. Generalē, dicitūr sexus biolōgicum est. Siue genus propinquius ad psycholōgiam est, 'imāgo generis' uocātum .

Vterque succēssi sunt causa quaestio iūstītie utilitātis masculīnum genericum sicut uocabula inclusiua, quia sexus feminīnus imāgesque generis nōn binariae oportet sunt eidentē dictī. Quaerunt uocabulum neutrum (siue inclusiuum) tōtam imāges generis in ūnum uerbum dicāns. Istud in multīs linguīs apparet et ideae sustentātionem hābent, sed rēs disputātae sunt et uidētae cum dēspectum.

Vocabula essentiae: lingua inclusiua, masculīnus genericus, genus neutrum, genus grammaticum, elle, they singulāris, theōria generis, neopronōminēs

2. INTRODUCCIÓN

Primeramente, se planteará una justificación del proyecto, donde se expone el motivo por el cual se ha elegido este tema en específico. A continuación, la hipótesis deja claro el

arranque inicial del proyecto y lo que se intentaba demostrar. La hipótesis será demostrada en base a una serie de objetivos que harán posible definirla como verdadera o falsa. En la metodología, para amenizar la lectura del ensayo, se proporcionarán ciertas definiciones además de explicar el método de acción que se ha usado mayoritariamente en el proyecto. En el apartado más extenso, el marco teórico, se desarrolla por completo el proyecto, cumpliendo con los objetivos expuestos y hablando de los temas principales. En específico, se tratará de una discusión desde la inclusividad más radical hasta la más conservadora, exponiendo argumentos y racionios con relación a los mismos. La secuencia irá como sigue, de más inclusivo a menos: los neopronombres, el género neutro, el lenguaje inclusivo *per se*. Finalmente, se presentarán unos análisis finales y una conclusión que resumirán la intención y transcurso del proyecto.

2.1. Justificación

Elegí este proyecto por varios motivos, uno de ellos siendo principal e inminente: es un tema de conversación muy reciente y polémico. La mayoría de personas ha participado en el debate al menos una vez y casi todos tenemos una opinión diferente al respecto. Además de ello, quiero preservar la Lengua, no porque modificarla supondría una destrucción de la misma; pues es necesario el cambio para el progreso, sino para mantenerla simple y clara. En otras palabras, lo menos confusa posible. Para ello, me he permitido una 'licencia artística' que comparará la lengua con un ser vivo, usando así la expresión "*La lengua está viva*". Finalmente, como académico que soy, quiero buscar la verdad. No se trata de realidades percibidas. No, existe una realidad, la Realidad, que es cierta e inmutable.

2.2. Hipótesis

La hipótesis es el núcleo de la investigación, por ello, debe quedar clara. Debido a que este concepto de lenguaje inclusivo no es algo exclusivo de la lengua española y se está manifestando en un gran número de lenguas del mundo occidental (inglés, español, alemán, francés...), se plantea el deber de acudir a la historia, a la etimología y a la etiología para comprobar que: "**La lengua española no necesita el lenguaje inclusivo, en tanto que no solo es muy poco confusa, sino que se acerca debidamente a**

la realidad". El 'lenguaje inclusivo' refiriéndose a una herramienta gramatical de inclusión de identidades (género, sexo, raza, capacidades...). Esta hipótesis se corroborará o se refutará siguiendo unos objetivos y una metodología.

2.3. Objetivos

Al tratar de un tema tan reciente, es requerido estructurar unos objetivos claros y concisos. En estos, se definen las verdaderas intenciones del proyecto, ya que alguna incertidumbre en la enunciación puede resultar en repercusiones destructivas, y no es la finalidad del proyecto.

Objetivos generales:

- Reflexionar sobre la necesidad de los neopronombres en el castellano
- Llegar a una conclusión clara que cierre el asunto en cuestión

Objetivos específicos:

- Concretar el concepto de lenguaje inclusivo con el que se va a trabajar principalmente
- Definir el género gramatical neutro y su manifestación en otras gramáticas
- Definir los neopronombres, explicando los tipos
- Investigar el sistema inclusivo de pronombres en español, inglés, francés y alemán
- Comparar diferentes términos neutros de varias lenguas
- Manteniendo el punto de vista aséptico, argumentar concienzudamente sobre el lenguaje inclusivo en español

3. METODOLOGÍA

En este ensayo, presento una visión lo más objetiva posible, basándose en verdades absolutas y hechos ciertos, observando datos reales y acudiendo a entidades de renombre para validar lo que se presenta. El proyecto se fundamenta en la lectura de otros ensayos, escritos y, en general, multimedia consumible. Busco hablar con total claridad, dando lugar a discrepancias entre las opiniones de los unos y las de otros, pero aún así evitando herir u ofender a personas en específico. "Facts don't care about your feelings" (Ben Shapiro, 2015 - cita verbal) ("*A los hechos no les importan tus sentimientos.*" - traducción propia).

Este ensayo, aunque fechado en 2023 y arrancada la Nueva Gramática, todavía usa términos y, en general, se adhiere a la Gramática Tradicional. Se hacen menciones a la Nueva Gramática, pero no por ello se debe juzgar al conjunto textual como incoherente. La terminología principalmente usada se aferra a la Gramática Tradicional, no prohibiendo la existencia de referencias textuales y citas al nuevo vocabulario de la Nueva Gramática.

4. MARCO TEÓRICO

En este apartado se desglosan de manera extensa todos los puntos que encontré importantes mientras intentaba comprobar la hipótesis. Se tratarán con objetividad y acudiendo a la razón los diferentes objetivos que se han fijado.

Para arrancar, necesitamos comprender los fundamentos que hacen la lengua lo que es. La comunicación consta de seis elementos básicos (Roman Jakobson): emisor, receptor, mensaje, canal, código, contexto. Si alguno de estos conceptos falla, la comunicación se imposibilita. Mas, debemos centrarnos en los dos últimos, pues son aquellos los que se ven de alguna manera ambiguos durante el debate de inclusividad de género. Para mayor entendimiento, proporciono una breve definición de los seis conceptos a continuación: "El emisor transmite un mensaje a un receptor a través de un canal, con un código y en un contexto".

Dentro de estos mensajes que transmitimos entre nosotros, existen las palabras. Estas se categorizan en dos grupos: palabras contenido, aquellas que están en constante crecimiento (sustantivos, adjetivos, verbos, adverbios, interjecciones); y palabras función, las que se confinan en una lista cerrada e inmutable (determinantes, pronombres, conjunciones, preposiciones). Es muy fácil añadir palabras a la primera lista, pero resulta mucho más complejo añadirlas a la segunda. Todo esto es importante tenerlo en cuenta a la hora de investigar qué palabras de nuestra lengua poseen género gramatical. Son los sustantivos, los determinantes, los adjetivos y los pronombres.

La lengua española, como el francés, consta de dos géneros gramaticales: femenino y masculino. Esto es evidente al intentar formar cualquier oración en dichas lenguas.

es.: El chico guapo ama a su madre. Y ella lo ama.

fr.: Le beau garçon aime sa mère. Et elle l'aime.

Hay otras lenguas que sí tienen tres géneros gramaticales: masculino, femenino y neutro, como el alemán, pero existe una flexión de género.

de.: Der hübsche Junge liebt seine Mutter. Und sie liebt ihn. (*cabe destacar que la palabra «Kind», que significa tanto «niño» como «niña», es neutra. Así como la palabra «Mädchen», que significa «niña»*)

En cambio, en otras lenguas como el inglés, la flexión de género es mucho menos visible:

en.: The pretty boy loves his mother. And she loves him

Esto se debe a que el inglés no tiene diferencias de género en adjetivos o determinantes. Aún así, si indagamos más, veremos que no existe flexión de género tampoco. Comparemos las palabras «amigo» y «amiga»:

	Español	Francés	Alemán	Inglés
<i>masc. sing.</i>	el amigo	l'ami (le ami)	der freund	the friend
<i>masc. pl.</i>	los amigos	les amis	die freunde	the friends
<i>fem. sing.</i>	la amiga	l'amie (la amie)	die freund	the friend
<i>fem. pl.</i>	las amigas	les amies	die freundinnen	the friends

Tabla 1. *Marcas del género gramatical en distintas lenguas*

En estas tres lenguas, existen palabras que, de manera intrínseca, ya transmiten un género en específico, llamadas heterónimas (Real Academia Española), sin necesidad de flexión de género:

	Español		Francés		Inglés	
	<i>masc.</i>	<i>fem.</i>	<i>masc.</i>	<i>fem.</i>	<i>masc.</i>	<i>fem.</i>
<i>sust.</i>	padre	madre	père	mère	father	mother
<i>sust.</i>	chico	chica	garçon	fille	boy	girl
<i>pronom.</i>	él	ella	il	elle	he	she
<i>pronom.</i>	ellos	ellas	ils	elles	they	they
<i>det.</i>	el	la	le	la	the	the
<i>det.</i>	los	las	les	les	the	the

Tabla 2. *Diferencias de género gramatical entre distintas lenguas.*

Pero aquí llegamos a la disparidad entre las dos primeras lenguas y la última. En inglés existe un género neutro

de uso extendido: «it» (y otros demostrativos). Se trata de un pronombre que es usado al referirse a objetos inanimados, animales, conceptos y períodos en el tiempo.

Entonces, aquí sería cuando traducimos oraciones para descubrir de qué manera se refleja un neutro en inglés al español:

en.: I do not know what it means.

en.: What is this?

es.: No sé lo que significa.

es.: ¿Qué es esto?

en.: That makes no sense.

en.: I remember it.

es.: Eso no tiene ningún sentido.

es.: Me acuerdo de ello.

Como podemos observar, desde el inglés, el neutro no desaparece si no que se reemplaza por una singular palabra en todos los casos. Fijándonos en el primer caso, descubrimos que el pronombre no coincide con un masculino del singular, como podríamos pensar de los otros enunciados, ya que son idénticos al masculino. De esta manera, podemos deducir que «lo», «esto», «eso», «aquello», «algo», «alguien», y «ello» (Naciones Unidas, 2019) poseen un género puramente neutro. Esto no significa que la lengua española trate con tres géneros gramaticales, pues estos neutros no son sino vestigios de expresiones y de un neutro extendido que ya no existen.

Aún así, necesitamos contexto sobre el verdadero significado del lenguaje inclusivo en la lengua española. En mayor consenso se habla de términos y desinencias que harían sentirse incluidos a personas de cualquier etnia, género, orientación sexual y capacidad. La versión más extendida parece ser sustituir los finales de palabra por «-e», aunque también tiene su popularidad el usar «-x» o «-@». De modo que algunos ejemplos quedarían de tal manera:

masculino	femenino	neutro -e	neutro -x	neutro -@
amigo	amiga	amigue	amigx	amig@
chico	chica	chique	chicx	chic@
niño	niña	niñe	niñx	niñ@

Tabla 3. *Morfemas flexivos de las propuestas inclusivas más famosas*

Mientras que el lenguaje inclusivo buscó en su origen incluir en un mismo término al masculino y al femenino, no parece ser el objetivo hoy en día, no un objetivo principal, al menos. Últimamente, el lenguaje inclusivo ha ganado mucho renombre en la comunidad LGTBIQA+, pues

hay mucho más revuelo al incluir, o incluso al crear, términos para aquellos que no caen dentro del género binario. Así, se olvidó el significado de «neutro», cuya etimología nos apunta a una negación de VTRVM (*una cosa y la otra*), es decir, NEVTRVM (*ni una cosa ni la otra*).

4.1. Neopronombres

Parece que, dentro de este debate sobre inclusividad y exclusividad de la lengua, uno de los colectivos que más cartas ha puesto en el asunto es la comunidad no-binaria. Una persona no-binaria es aquella cuya identidad de género no coincide con ningún género de los binarios, masculino y femenino. Resulta lógico que estas personas respondan ante pronombres ya establecidos, «él» y «ella», de tal manera que no es necesario encontrar otros pronombres. Aún así, no responden ante «ello», pues su uso nunca ha sido para referirse hacia un humano y consecuentemente, es deshumanizante. Ahora sí, hay un gran porcentaje de esta comunidad que no se siente cómoda al ser referida como «él» o «ella». Esto se ve más claro al hablar de lingüística de género inglesa. Con la cual haré una comparación con la lengua española.

En inglés, hay tres pronombres de la tercera persona del singular de uso extendido, «he» (masculino), «she» (femenino) e «it» (neutro). Este último, como ya he citado en este ensayo, solo engloba objetos inanimados. Es decir, nunca se ha usado para referirse a una persona. Pues bien, la comunidad no-binaria defiende que los pronombres binarios, al igual que «él» y «ella» son válidos; mientras que «it», al igual que «ello», es deshumanizador. Finalmente, existe un último pronombre de la tercera persona del singular neutro, en el que se profundizará más en otros apartados: «they». Normalmente, «they» alude a una tercera persona del plural, pero también expresa ambigüedad en el género del objeto al que nos referimos y manteniendo una tercera persona del singular.

Podemos concluir que al hablar de inclusividad y de pronombres, estos tres son los más prominentes y de uso más extenso: he/him, she/her, they/them. Todos los pronombres se enuncian de la manera expresada, el nominativo se coloca primero y el acusativo lo sigue. He aquí cuando entran en escena los llamados ‘neopronombres’ (neo=nuevo, pronombres). Se tratan de neologismos, es decir, “A

new word or expression, or a new meaning of an existing word” (Cambridge Dictionary) (“*Una nueva palabra o expresión, o un nuevo significado de una palabra ya existente.*” - *traducción propia*). Los neologismos, por naturaleza, no tienen un uso extenso entre todos los hablantes de una lengua y suelen resonar más con las generaciones jóvenes. Los neologismos nacen de diferentes maneras y crean nueve categorías (McArthur, 1990): composición, derivación, cambio de significado, extensión en función gramatical, derivación regresiva, combinación, préstamo y acuñación o creación de lexema.

En esta última categoría, que para simplificar usaré ‘creación de lexema’, es en la que nos debemos fijar. Una creación de un lexema conlleva: “Very rarely, root-creation, or coinage from sounds with no previous known meaning whatever.” (McArthur, 1990) (*Raramente, creación de lexema, o acuñación desde sonidos sin ningún significado previo.* - *traducción propia*). La invención de nuevas palabras nos da neologismos varios, entre ellos, los neopronombres.

Antes de hablar sobre neopronombres, debemos buscar una definición: “Neopronouns are a category of new (neo) pronouns that are increasingly used in place of «she», «he» or «they» when referring to a person. Some examples include: xe/xem/xyr, ze/hir/hirs, and ey/em/eir. Neopronouns can be used by anyone, though most often they are used by transgender, non-binary, and/or gender nonconforming people.” (UNC Greensboro) (*Los neopronombres son una categoría de nuevos (neo) pronombres que son usados cada vez más en lugar de «she», «he» o «they» al referirse a una persona. Algunos ejemplos incluyen: xe/xem/xyr, ze/hir/hirs y ey/em/eir. Los neopronombres pueden ser usados por cualquiera, aunque son usados más a menudo por personas transgénero, no-binarias y/o de género inconforme.* - *traducción propia*).

Ahora, podemos deducir que los neopronombres son pronombres, valga la redundancia, y por ello caen dentro de las palabras función que, como ya establecimos, es difícil la adición o sustracción de palabras dentro de esa lista. Aún así, imaginemos que sobrepasamos estos obstáculos y añadimos varios de los neopronombres más comunes a la lista de pronombres inglesa (en la tercera persona del singular):

	Nominativo	Acusativo	Genitivo	Reflexivo
he/him	he	him	his	himself
she/her	she	her	her(s)	herself
it	it	it	its	itself
one	one	one	one's	one's self
they/them	they	them	their(s)	themselves
ze/zir	ze	zir	zir(s)/hir(s)	zirself/hirself
zie/zir	zie	zir	zir(s)/hir(s)	zirself/hirself
xe/xir	xe	xir	xir(s)	xirself
ey/em	ey	em	eir(s)	emself
ne/nem	ne	nem	nir(s)	nemself

Tabla 4. Declinación de pronombres personales y algunos neopronombres en inglés

A menudo, podemos incluso encontrar personas que se sienten conformes con usar varios pronombres a la vez, o son indiferentes al ser referidos con cualquier pronombre. Es más, hay quien deliberadamente prefiere (o exige) una mezcla de varios tipos de pronombres y neopronombres a la vez. Hay quien pide ser referido con varios neopronombres a la vez, pero tiene predilección por uno de ellos o inclusive se niega a ser referido por uno de ellos exclusivamente. Para simplificar, pongamos algunos ejemplos:

- una persona que pide ser referida por 'he/him'.
- una persona que pide ser referida por 'ey/em'.
- una persona que pide ser referida por 'he/him', 'they/them' o 'ey/em'
- una persona que pide ser referida por 'he/him', 'they/them' o 'ey/em', pero pide usar una mezcla de los tres.
- una persona que pide ser referida por 'he/him', 'they/them' o 'ey/em', pero pide usar una mezcla de los tres, pero no pide ser referida exclusivamente por 'he/him'.

y más combinaciones...

Con toda esta customización de pronombres y neopronombres, la creación de unos para ser mezclados con los otros, llegamos a la idea más radical (pero aceptada) de los neopronombres: "Hay tantos pronombres como hay personas". Es decir, cada persona tiene el derecho y la posibilidad de crear sus propios neopronombres y pedir (o exigir) su uso.

Como ya hemos visto, los neopronombres en su significado más 'tradicional' vienen de neologismos hechos a

partir de la creación de lexema. Pero podemos ver otra serie de neopronombres creados a partir de una extensión de función gramatical. Dentro de la comunidad, se conocen como 'nounself pronouns'. (No existiría una traducción sencilla, pero vendría a significar: 'pronombres a partir de sustantivos'.) Estos se caracterizan por tomar palabras ya existentes de la lengua, en específico, sustantivos y hacerlos pasar por un proceso de pronominalización, donde se añaden diferentes desinencias.

Y es aquí donde la lista se hace tan extensa que su final parece inalcanzable, pues no solo caen sustantivos dentro de esta nomenclatura, sino que también podemos encontrar pronombres onomatopéyicos, o 'xenopronouns' (*xeno*=ajeno, *pronouns*=pronombres). Es decir, sonidos que el humano no puede emitir escritos de la mejor manera en lenguaje humano (a veces, estos pronombres son totalmente sonoros y no existe una transcripción gráfica). Así, a la lista de pronombres anterior, podemos añadir algunos de los 'nounself pronouns', con los que me he topado al navegar en TikTok, la plataforma donde estos fenómenos tienen más difusión.

	Nominativo	Acusativo	Genitivo	Reflexivo	Traducción
he/him	he	him	his	himself	él
she/her	she	her	her(s)	herself	ella
they/them	they	them	their(s)	themselves	ello
fae/faerself	fae	faer	faer(s)	faerself	hada
demon/demonself	demon	demon	demons	demonself	demonio
deer/deerself	deer	deer	deers	deerself	ciervo
meow/meowself	meow	meow	meows	meowself	miau
flower/flowerself	flower	flower	flowers	flowerself	flor

Tabla 5. Declinación de pronombres personales y de algunos 'nounself pronouns' en inglés

Podemos observar que, primero, la enunciación es diferente, pues ya no se trata de 'nominativo/acusativo'. Normalmente, se usa la fórmula 'nominativo/reflexivo' o 'nominativo/genitivo'. Para este caso, he decidido usar la primera nomenclatura. Luego, en cuanto a la pronominalización de estos sustantivos, tanto el nominativo como el acusativo buscan finalizar en -r o -m, intentando imitar

«him/her/them». Aunque hay varios casos, incluso en esta tabla, que no se cumple esta regla. En el genitivo, se suele terminar en -r o -s, en alusión a his/her(s)/their(s) y, a su vez, a la marca «-'s», que marca posesión en inglés (*my father's = de mi padre*) (Miltersen, 2016).

Para finalizar, con este tipo de neopronombres aparecen otros que tienen una relación estrecha. Se suelen denominar dentro de la comunidad como ‘emojiself pronouns’ (*así como ‘pronombres creados a partir de emoticonos’*). Estos solo se aplican a la comunicación escrita, en concreto, la comunicación por foros virtuales (WhatsApp, Messenger). A decisión de cada uno, se pueden escribir emojis que harían la función de los mismos pronombres en el habla. Ejemplifiquémoslo:

	Nominativo	Acusativo	Genitivo	Reflexivo	Transcripción
he/him	he	him	his	himself	he/him
she/her	she	her	her(s)	herself	she/her
they/them	they	them	their(s)	themselves	they/them
🌺/🌺self	🌺	🌺	🌺s	🌺self	flower/flowerself
🐱/🐱self	🐱	🐱	🐱s	🐱self	cat/catsself
🍋/🍋self	🍋	🍋	🍋s	🍋self	lemon/lemonsself

Tabla 6. Declinación de pronombres personales y algunos ‘emojiself pronouns’ en inglés

Una vez visitados y habiendo entendido las diferentes y extensas categorías de neopronombres, uno puede cuestionarse su motivo y su uso. Según una personalidad viral en TikTok, @lesbiansnowwhite, apunta que: “Neopronouns: Can be a word created to serve as pronoun without expressing gender. It can also be a pre-existing word used as a pronoun.” (“*Neopronombres: Puede ser una palabra creada para hacer de pronombre sin expresar género. También puede ser una palabra preexistente usada como pronombre.*” - traducción propia). Una especie de suplente para cuando incluso they/them no es suficiente. Aunque todo este tema de neopronombres pueda parecer algo alienígena, es evidente que han ganado mucho renombre en estos últimos años (New York Times, 2021). Sin embargo, hay una gran proporción de opiniones que mantienen una reacción negativa respecto a esta reinvencción de la lengua,

creando una herramienta de naturaleza totalmente inclusiva, pues es el mismo ego quien decide su etiqueta, la cual es fácilmente mutable. Cuando esta identidad no es respetada, es decir, uno no se adhiere a los pronombres de alguien, suele haber represalias sociales (*a veces legales, véanse referenciadas muchas leyes que afirman las diversas identidades de género*), que desemboca en lo que hoy en día se conoce como «cancelar», la práctica de linchar a un individuo fuera de una plataforma social, bien sea X, Instagram, Twitch, YouTube...

Estas propuestas, en otras lenguas (español, francés, italiano...), no han cuajado. Esto se debe a la naturaleza genérica binaria de la lengua, además de una cierta naturaleza impronunciable, lo que ha llevado a la creación de otros términos más simples como «elle», «iel», etcétera.

4.2. Género neutro

En la lengua española, como ya he explicado, contamos con dos géneros gramaticales, masculino y femenino. Bien, esta denominación binaria observa el sexo y, por extensión, el género. Hoy en día, se defiende que el género y el sexo son dos cosas totalmente diferentes (Stoller, 1968). Mientras que, por lo general, se habla de que el sexo es una marca biológica binaria (a veces trinaría), el género es un constructo social que observa características biológicas del humano (cromosomas, genitales, hormonas, etcétera). En cambio, el género se habla de que es aquello que observa lo mental y está más relacionado con la psicología.

En relación con el lenguaje inclusivo, si aceptamos que los pronombres no pueden responder ante la identidad de género del individuo como lo hacen los neopronombres, deberá hacerlo de su sexo. Así pues, como sexos hay tres, debe haber también tres géneros gramaticales de uso extendido. El sexo masculino corresponde con el género masculino. El femenino, a su vez, con el femenino. Y el tercer sexo, intersex, correspondería con el género neutro. Es cierto que aquí se hace una generalización pues, aunque se defiende que es el género gramatical que pertenece a los intersex, el público mayoritario que se beneficiaría de un género neutro es la comunidad no-binaria.

Entonces, se han hecho numerosísimas propuestas sobre cómo se debe tomar este asunto en la lengua española.

Mas creo pertinente adentrarnos en el inglés de nuevo para comprender mejor la situación. En inglés, las palabras que contienen género gramatical son pocas, los posesivos y los pronombres. Así, vemos que en inglés hay tres géneros de uso extenso y cinco pronombres de tercera persona del singular. Como ya he repetido numerosas veces, he/him/his corresponde a «él», she/her/hers corresponde a «ella» e it/its corresponde a «ello». Estos son los tres pronombres de uso extendido. Existe otro que no incumbe al proyecto, «one» corresponde a «uno» y, como en español, se trata de un uso arcaico de la lengua. Finalmente, como se ha visto en varias secciones del ensayo, el uso singular de «they» ha ganado mucho renombre a fecha de hoy.

Formalmente hablando, «they» es un pronombre de tercera persona, pero del plural (*aunque se ha encontrado a renombradísimos escritores usarlo en singular*). Como es obvio, no podemos referirnos a una persona en singular usando un plural, no tiene sentido. Pero es, y ha sido desde hace mucho, usado en tercera persona del singular. El inglés es mucho más antropocentrista que el español. Se ve rápidamente una gran segregación entre aquello que es humano, y aquello que no. En español, «Laura» y «mesa» comparten los mismos pronombres, aunque la primera sea un nombre propiamente dicho y la segunda sea un sustantivo común. En inglés no ocurre de la misma manera. Si recordamos, «it» se usa de manera pareja a «ello». Se usa para denominar períodos en el tiempo y conceptos, además de objetos inanimados y animales. En inglés, las palabras «Elisabeth» y «flower» no comparten pronombres, pues ni siquiera comparten el mismo género gramatical, como lo hacen en español. Para el inglés «Elisabeth» es femenino (she), pero «flower» es neutro (it).

En inglés, si hablamos de una persona de la cual desconocemos su género, como ese objeto no es femenino y no es masculino, recurrimos al tercer género gramatical, el neutro. Pero claro, no podemos referirnos a una persona hecha y derecha con pronombres como «it», pues este está reservado exclusivamente para aquello que no es humano. Aquí es donde el «they» singular tiene cabida. Equivaldría al llamado ‘masculino generalizador’ en español. El porqué se trata de «they» y no otro pronombre que se hubiera creado es ignoto, pero propongo dos hipótesis:

1. «They» se usa porque, como el género no se sabe si es femenino o masculino, se hace alusión a ambos géneros y, por ende, un plural.

2. «They» se trata de un masculino generalizador, no actualmente, sino en su origen.

Para defender esta última afirmación, es preciso acudir a la etimología. Y resulta que la palabra «they» evoluciona del nórdico antiguo. En esta lengua, «þeir» se trata también de un pronombre, la forma plural de «sá», el masculino en caso nominativo. La evolución fonético-gráfica es visible: «þ» evoluciona al grupo «th», de la misma pronunciación; «-r» final desaparece y con ella «-i-» pasa a «-y» para acomodar que ahora esta vocal es final de palabra. En inglés, el sonido vocálico /i/ toma forma de «y» a final de palabra (por ejemplo: sing.: baby , pl.: babies). Por lo tanto, este aspecto del «they» singular es irrefutable. En español, una buena manera de traducir un «they» singular es a través de la omisión del sujeto o la impersonal:

en.: They lowered my wage.

es.: Me bajaron el sueldo/Se me bajó el sueldo (¿quién? no se especifica)

Aprovechando que hemos mencionado el concepto de ‘masculino generalizador’, creo momento oportuno de desglosarlo en el ensayo. Utilizamos la locución ‘masculino generalizador’ para referirnos al fenómeno lingüístico en la lengua española donde se utiliza la forma masculina para referirse a un grupo de personas donde hay tanto mujeres como varones. Es decir, hacia un público totalmente masculino, usamos el masculino. Al igual que usamos el femenino para uno femenino. Pero en un grupo mixto, independientemente de qué género tenga la mayoría, utilizamos un masculino ‘generalizador’. También, en enumeraciones que contienen ambos géneros usamos determinantes y adjetivos masculinos (los chicos y chicas de esta clase son listos).

Entonces, como medida inclusiva, se han expuesto varias propuestas. La más sencilla trata de usar tanto el femenino como el masculino: “Hola, chicos y chicas”. Y hasta hace poco, esta opción era la políticamente correcta, pues incluía a ambos géneros en la conversación. Pero ya no es la manera suficientemente inclusiva, pues puede haber alguien en el público, uno de los receptores, que no se sienta identificado

con el género masculino o el femenino, una persona no binaria (no confundir con no-binaria). Una vez se ha tenido el debate psicológico, es decir, con relación al género, sobre la certeza objetiva que corrobora la identidad de género de esa persona, se argumenta con la inclusión a las personas intersex (anteriormente llamadas *hermafroditas*). Pues claro, no se incluye a todas las personas si decimos «chicos y chicas», porque puede haber alguien que sea intersex.

Por estos motivos, para incluir a las personas no binarias, incluyendo no-binarios e intersex, se ha propuesto la idea de crear un nuevo género en la lengua española, un género neutro que incluya a todo tipo de personas, sean mujeres, varones, ambos, ninguno, etcétera. En la Metodología, expuse las tres opciones más prominentes en este debate: la «-e», el «-@» y la «-x». Ahora, las dos últimas opciones han ido perdiendo apoyo debida su naturaleza impronunciable, por lo que la opción más apta y la que más pulula es «-e», el famoso «elle».

El género neutro en español no es sino un vestigio del anterior género neutro en latín, y solo se usa en un número minúsculo de palabras y las situaciones ya explicadas (conceptos y períodos en el tiempo). Entonces, el crear un género neutro de uso extendido (como el inglés) ayudaría a incluir al mayor número de personas (varones, mujeres y no binarios). Luego, se defiende que la «o» alude al masculino, la «a» alude al femenino y la «e» alude al neutro, pues en una extensa lista de palabras este es el caso. Las palabras terminadas en «-e» suelen permitir ambos géneros (por ejemplo: el regente, la regente). A estas palabras las llamamos “epicenos”, y existen en varias lenguas. Para simplificar, empecemos en español y luego profundizaremos en otras lenguas. En español, hablamos de que:

“En la tradición gramatical, los nombres llamados epicenos se suelen considerar una excepción a la tendencia de los nombres animados en español a expresar el sexo semántico a través del género gramatical. Esto es así porque son nombres que, aunque designan seres animados, no restringen el sexo semántico en función del género o, en otras palabras, no incluyen en su entrada léxica información semántica de sexo (persona, víctima, criatura o vástago son algunos ejemplos)” (Medívil Giró, 2019).

Así pues, es obvio que, en español, la marca de masculino no es «-o», la marca de femenino no es «-a» y la marca de neutro no es «-e», como se intenta defender. Presento una serie de ejemplos:

- palabras como «bebé», «persona», «hombre» (epicenos)
- palabras como «miembro», «músico», «juez» (neutros en cuanto al género)
- palabras terminadas en el sufijo de profesión -ista (periodista, activista, artista)
- palabras terminadas en el sufijo de participio activo -n (presidente, oyente, ente)
- palabras terminadas en el sufijo de pertenencia -al (leal, real, total)
- palabras terminadas en el sufijo de capacidad -ble (increíble, inimaginable, intocable)

A todas estas palabras las llamamos epicenos, pues utilizan de alguna manera un género gramatical, pero se les atribuye un significado semántico que alude a ambos sexos. A este grupo, añadimos las palabras que sufren del masculino generalizador, aunque para ser más exactos, debemos denominarlo más bien como ‘masculino por defecto’.

El masculino por defecto es un fenómeno lingüístico que se defiende con dos argumentos principales:

- Normalmente, las palabras femeninas adquieren más desarrollo fonético y son, por ello, más largas de pronunciar (rey/reina, actor/actriz, don/doña, magister/magistrix).
- Añadimos un género masculino al nominalizar una palabra (vb.: comer, nom.: el comer).
- En enumeración, el género que prevalece es el masculino (los señores y señoras buenos)

Es así que las palabras «niño», «chico», «español» o «padre» no aportan ningún significado semántico de género, mientras que las palabras «niña», «chica», «española» y «madre», sí. En otras palabras, un chico puede ser tanto femenino como masculino (semánticamente), pero una chica solo puede ser femenina. Al referirnos a “Los españoles” estamos incluyendo a todos los españoles propiamente dichos y a todas las españolas. Semánticamente, no estamos excluyendo a uno de los dos géneros.

Podemos profundizar más en estos conceptos de ‘masculino por defecto’ y ‘masculino generalizador’ si volvemos atrás en el tiempo a través de la etimología. La lengua latina contaba con tres géneros gramaticales, el masculino, el femenino y el neutro. Pero si existían tres géneros, ¿cómo hemos perdido uno de ellos? Es relativamente simple, el masculino y el neutro se escribían de la misma manera (salvando las distancias).

Al analizar la evolución de una palabra en latín, debemos tomar la palabra desde el acusativo, pues este fue el caso que predominó en el latín (Pidal, 1904). Entonces, al comparar los tres géneros, vemos que sus desinencias son «-um», «-am» y «-um», respectivamente. Observamos que el masculino y el neutro tienen la misma terminación. Esto explica cómo es posible que la palabra MEMBRVM y MVSICVS evolucionaran de tal manera que, aunque una viniera del neutro (membrum) y otra del masculino (musicus), tengan un género masculino en español, pues sus acusativos son «membrum» y «musicum». Ahora, las normas de evolución fonética dicen que la «-m» final desaparece, la «-u» abre en «o» y la «-e-» de membrum diptonga en «ie».

	- m final cae	- u abre en -o	resultado final
MEMBRVM (ntro.)	membru	membro	miembro
MVSICVM (masc.)	musicu	musico	músico

Tabla 7. Evolución fonética de MEMBRVM y MVSICVM

Pero esto no explica los pronombres en español, pues son «él», «la» y «ello». Si las desinencias entre el masculino y el neutro eran iguales, debieron de evolucionar de la misma manera. Aquí entra otro factor, el neutro y el masculino eran confundidos entre sí. Cada vez había menos palabras que pudieras expresar con un neutro y no con un masculino. El mismo argumento se puede dar la vuelta, no había palabra masculina a la que no pudieras aplicar un neutro. Pero esto se explica fácilmente. El masculino, al referirse a un género existente, al sexo macho, tuvo más relevancia que el neutro que, como en español, se usa para conceptos y períodos en el tiempo, ambos abstractos. En algún momento, la forma neutra de las palabras empezó a usarse menos hasta que dejó de tener desarrollo fonético.

	- m/- d final cae	- u abre en o	i- breve alarga en e-	economía del lenguaje	resultado final
ILLVM (masc.)	illu	illo	ello	el	el
ILLAM (fem.)	illa	illa	ella	el la	el la
ILLVD (ntro.)	illu	illo	ello	<i>no procede</i>	ello

Tabla 8. Evolución fonética de los pronombres personales en latín

Ahora surge la cuestión de en qué momento deja de tener uso extendido el género neutro. La respuesta es simple: Desde siempre. Hablamos del masculino generalizador de la siguiente manera: “El empleado que se malcomporte será despedido” (cualquier empleado que se malcomporte será despedido). En latín, si buscamos una palabra que pueda sufrir de flexión de género, que es difícil, veremos que también recurrían al masculino generalizador: “Seruus qui malus est, mortuus est.” (*el esclavo que es malo, está muerto*). O en otros casos como: “Mi padre y mi madre están muertos”. En latín sería: “Pater et mater meī mortī sunt”. Pero al igual que en español, no están excluyendo a uno de los sexos por el uso de un masculino generalizador, pues se refieren a cualquier esclavo que sea malo, esclavos y esclavas.

Relacionemos ahora, entonces, el «they» inglés con el masculino generalizador del español. En su origen, «þeir» era el masculino plural en nórdico antiguo. Podemos, pues, entender su evolución hasta un neutro (tanto gramatical como semántico). Suponemos que los nórdicos antiguos, al igual que los romanos, usaban el masculino generalizador para referirse a un grupo de género mixto. De manera que, en vez de usar en una misma oración «þeir» (masc.) y «þær» (fem.), no usaban la forma neutra «þau», sino que predominó el masculino. Al igual que el masculino generalizador que usaron los romanos, el que usaron los nórdicos también tendría una cualidad neutra, semánticamente hablando. Tras evolucionar la lengua, esa gramática masculina fue desapareciendo hasta ser sustituida por una gramática neutra, cualidad que le pertenecía a la semántica. En español ocurre algo parecido. La diferencia se debe a que el género puramente masculino de las palabras semánticamente neutras se ha perdido, mientras que el inglés ha sufrido esa distorsión y se fusionaron la gramática con la semántica, perdurando esta última.

Además, en español ocurrieron otra serie de fenómenos lingüísticos. Primero, la gramática neutra ha desaparecido (casi) por completo. En cambio, la semántica neutra, es decir, no específica de género, perdura; pues es un pilar fundamental de la lengua. La explicación es inconcluyente. Pero propongo lo siguiente: Los géneros gramaticales masculino y neutro se fusionaron por analogía. Un fenómeno lingüístico por analogía conlleva que dos conceptos diferentes se confundan o se intercambien por una serie de similitudes o, siendo más correctos, “*Creación de nuevas formas lingüísticas, o modificación de las existentes, a semejanza de otras [...]*” (Real Academia Española). Como ya he expuesto, el masculino y neutro en latín tenían unas ciertas similitudes que los obligaron a evolucionar de manera indistinta, véase «illum» e «illud». Con el paso del tiempo y la evolución del lenguaje, es sensible pensar que las diferencias mínimas entre el uso del masculino gramatical y el neutro gramatical se fueron confundiendo, intercambiando y, por último, solo una de ellas perduró, el masculino (generalizador).

Podemos respaldarnos en otras lenguas a su vez. En el francés, al igual que en español, existe el fenómeno de masculino por defecto. Los mismos argumentos a favor de esta teoría en español aplican al francés. En francés, las marcas genéricas, por lo general, están más marcadas (le serveur/la serveuse; le politicien/la politicienne; beau/belle). En el francés, por tanto, hubo una gran predilección por el masculino generalizador (masculin générique) (Brauer y Landry, 2008). Al igual que en español, cuando hay sustantivos masculinos y femeninos, los determinantes, adjetivos y pronombres todos se adecúan al género masculino. Por ejemplo:

fr.: Mon meilleur ami et amie

es.: Mi mejor amigo y amiga

Y el ejemplo del empleado también aplica:

es.: El empleado que se malcomporte será despedido

fr.: L’employé qui se malcomporte sera licencié (todos los empleados)

es.: La empleada que se malcomporte será despedida

fr.: L’employée qui se malcomporte sera licenciée (solo las mujeres empleadas)

Esto, nuevamente, viene de influencia latina. Pero, y aquí difiere con el español, el francés ha perdido por completo el concepto de género gramatical neutro (que no semántico,

este aparece en todas las lenguas). En español ya hemos visto ciertas palabras que han quedado como vestigio del neutro en latín. Sin embargo, el francés ha perdido todo rastro del neutro gramatical en su habla. En su lugar, se usan dos partículas: «en» y «y». Esta última se refiere a un lugar, similar al «allí» en español, por lo que no nos viene tanto a cuento como el primer pronombre. Recordemos que usamos el neutro para referirnos a ideas o conceptos mentales. «En» hace esa misma función. Aunque también se usa comúnmente la palabra «ça». Ambas vienen a significar «esa cosa», pero se tienden a traducir por «esto»/«eso»/«aquello»/«lo».

es.: “Cierra la puerta” = Te dije **eso**/ Te **lo** dije/...

fr.: “Ferme la porte” = Je t’ai **en** dit

**El complemento directo (objet direct) se encuentra en amarillo, el complemento indirecto (objet indirect) aparece en verde*

También, cuando en español nominalizamos un adjetivo y usamos un determinante neutro (gramatical y semánticamente), «lo», en francés se ha perdido ese matiz y se ha preferido usar el determinante masculino. De modo que “le bien” (lo bueno) se traduce literalmente por algo como “el bueno”.

En cuanto al lenguaje inclusivo propiamente dicho, la política francesa también ha adoptado, así como el español tiene tres propuestas, un término relativamente usado. «IEL» se trata de una mezcla fonética de «il» y «elle». El semejante en español es «elle» (*que coincide con el pronombre femenino francés*). Se usa tanto en el lenguaje oral como en el escrito con relativa frecuencia, pero en esta última tipología ha surgido también una modalidad impronunciable (como el «@» o la «x») que busca incluir ambos géneros en una palabra que alude a un solo género. Se suele escribir la forma masculina seguida de un punto alto (·) y la terminación femenina de la palabra, seguida de, si es el caso, la marca del plural -s.

es.: Los ciudadan@·s

fr.: Les citoyen·ne·s

Pero no solo se reduce a las lenguas romances, los fenómenos del masculino generalizador y, recientemente, el interés por el lenguaje inclusivo aparece en otras muchas lenguas que no comparten las raíces clásicas del español o el francés. El alemán posee un sistema de género, número

y caso, por lo que hay numerosas marcas que indican un cierto género en cierto número y en cierto caso. Además, es una lengua de especial relevancia porque posee tres géneros gramaticales de uso extenso, *maskulin*, *feminin* y *neutrum* y, de las lenguas indoeuropeas restantes, es una de las que más diferencia estos tres géneros (Krahe, 1977).

En alemán, aunque existen algunas reglas generales que más o menos establecen unas flexiones genéricas estándar (-r, -e, -s), el género es marcado por el determinante («der», «die» y «das») (Reimann, 1996). En lo respectivo al ensayo, el alemán (a diferencia del español o el francés), escribe en género gramatical neutro tanto los adjetivos como los infinitivos nominalizados (Castell, 2008). De tal manera que se habla así:

es.: el comer/el amar/el decir
de.: das Essen/das Lieben/das Sagen

es.: lo bueno/lo bello/lo justo
de.: das Gute/das Schön/das Gerech

Pero más allá de la gramática, en el lenguaje inclusivo de hoy en día, ha afectado al alemán de la siguiente manera. A veces, se prefiere duplicar el sustantivo y nombrar la versión masculina y la femenina (**Schüler** und **Schülerinnen** - los alumnos). No existe un término que se haya adoptado hace poco en el lenguaje político (como «elle» o «iel»). Aún así, en el lenguaje escrito, a veces se opta por, en vez de usar la forma masculina como forma genérica, se toma la versión femenina y se escribe en mayúscula la «I» (dado que todos los sustantivos en alemán deben ir en mayúscula) de la flexión genérica. Así pues, aparece de esta manera: «**SchülerInnen**».

4.3. Lenguaje inclusivo

Lo que he decidido llamar ‘lenguaje inclusivo per se’ es aquello que, en origen, se intentaba promover junto a la Segunda Ola Feminista en el siglo XX. Era una idea mucho más simple de ‘inclusión’, pues lo que se pedía era la limitación (en el lenguaje formal) del masculino generalizador. Se habla de decir “el funcionariado” en vez de “los funcionarios” o “los parientes” en vez de “los padres”. También se propone la opción de mostrar de manera explícita a la mujer con “los funcionarios y las funcionarias” y “los padres y las madres”. Lo que se pretende es dar presencia

al género femenino. Aunque semánticamente el masculino generalizador es neutro y, por tanto, inclusivo, esta idea ha ido evolucionando hasta lo que los anteriores dos epígrafes tratan. Por lo tanto, el ‘lenguaje inclusivo’ como herramienta para elevar a varones y mujeres al mismo nivel es un concepto obsoleto. Hoy día se precisa de una inclusión mayor, una que englobe todos los sexos, géneros, identidades sexuales, etnias y capacidades. Hay que abrir el enfoque bastante más.

Principalmente, se trata del debate sobre el transgénero. Se hace una fusión entre el género y el sexo de la siguiente manera: Una mujer, entre otras cosas, tiene la capacidad de tener un embarazo. Por lo tanto, si aceptamos que un varón transgénero (una mujer biológica con identidad masculina) tiene las características biológicas de una mujer, podemos concluir que esa persona, aún identificándose como varón, tiene la capacidad de tener un embarazo. Si aceptamos que un varón *trans* (*apócope de transgénero*) es, sin lugar a duda, un varón; podemos hacer la extensión de que los varones pueden, de hecho, tener un embarazo. Bien, tenemos una serie de términos para hacer alusión a diferentes grupos dentro de ambos sexos. Hablamos de ‘mujeres embarazadas’, pues en principio son el único género que cumple con los requisitos. Pero claro, si aceptamos el hecho de que hay algunos varones que pueden tener un embarazo, el término anterior no es totalmente inclusivo, pues se está obviando una sección de la población que también tendría los requisitos. Así pues, se habla de decir ‘personas embarazadas’ en vez de ‘mujeres embarazadas’. Y así con un sinnúmero de términos, como ‘personas con testículos’, ‘personas con útero’, ‘personas que preñan’, ‘personas que son preñadas’...

La connotación de ‘lenguaje inclusivo para ambos sexos’ se ha perdido. Mientras que el término neutro o los neopronombres buscan una reinención de la lengua, este aspecto del lenguaje inclusivo tiene como fin el usar otros términos ya existentes que, aunque más largos, son más inclusivos para todo tipo de personas. Se busca decir “Saludos” en vez de “Damas y caballeros” al empezar un discurso, pues cabe la posibilidad de que no todos sean o damas o caballeros. Se habla también del desuso de la palabra «hombre» como término inclusivo. En su origen, «HOMO» (lat.: hombre)

hacía referencia tanto a la mujer (FEMINA) como al varón (VIR). Hoy en día, por analogía de otras lenguas (en.: *man=hombre/varón*; fr.: *homme=hombre/varón*), es cierto que la palabra hombre se usa para referirse exclusivamente al humano macho.

5. ARGUMENTACIÓN

En este apartado, el ensayo pierde su característica puramente expositiva para dar lugar a una serie de argumentos. Veo necesario que, al tratarse de un tema relevante y confuso, tras una exposición objetiva de los datos, se realice un texto de carácter argumentativo, sin perder completamente esa actitud ensayística y académica.

La argumentación que expongo a continuación trata con un nivel de investigación y certeza muy altos, pues no busco exponer una serie de enunciados sujetos a mi filosofía y política. Por esto defiendo que este epígrafe está arraigado a la objetividad y a la verdad y, por ello, aún tratándose de una opinión, no es subjetiva.

Para justificarlo, quiero acudir a la siguiente definición de «opinión»: “Juicio o valoración que se forma una persona respecto de algo o de alguien.” (Real Academia Española). Tomando esto como base, puedo concluir que opiniones puede haber tantas como mentes humanas, pero hay algunas que, por naturaleza, son inseparables de los conceptos de la realidad. Hablamos, por tanto, de argumentos falaces y veraces. Además, de entre las tipologías comunicativas, la argumentación es la más eficaz en el habla humana (Cortés Rodríguez, 2019).

5.1. Argumentos

En el marco teórico se plantearon los datos investigados sobre la cuestión al respecto. Aquí, con la misma investigación y más, se van a formular una serie de corroborantes a la hipótesis planteada al principio de este ensayo.

Como uno de los pilares de mi posición, expongo lo siguiente:

“Nobody has pronouns. You can’t “have” a pronoun any more than you have a preposition or an adverb. The concept doesn’t make any sense. Pronouns are not things you can own. They aren’t pets or accessories. They are part of speech. That’s it. You don’t get to cus-

tomize them.” (Matt Walsh, 2022 - en Twitter, ya no existente)

“Nadie tiene pronombres. No puedes “tener” un pronombre de la misma manera que no tienes una preposición o un adverbio. El concepto no tiene sentido alguno. Los pronombres no son algo que puedas poseer. No son mascotas o accesorios. Son parte del habla. Ya está. No tienes el derecho de customizarlos.” - traducción propia.

Y es así que observamos un gran obstáculo en contra de los neopronombres, pues recordemos algo que ya mencioné anteriormente, la diferencia entre palabras contenido y palabras función; y que estas últimas constaban de una lista cerrada y, salvando algunas puntuales excepciones, inmutable. Aún así, estos posibles cambios se deben a cambios generales de la Gramática Española (la Nueva Gramática concibe los determinantes numerales como ‘adjetivos determinativos’) o comunicados realizados por la Real Academia (ampliación de las preposiciones añadiendo ‘durante’, ‘mediante’, ‘versus’ y ‘vía’). Aún así, se argumenta a favor de la creación de un nuevo género gramatical que acomode todo tipo de identidades de género. En la lengua española, los neopronombres en sí no han tomado mucha raíz, como sí ha pasado en el inglés. Ciertamente, esta propuesta para la inclusión no se trataba de más que un disparate que rompe con las más esenciales bases de nuestra gramática. Así, se acomodan a una realidad alternativa en la que no tomamos parte, manipulando una lengua que no les pertenece, sino que nos pertenece. Así que, debido a la naturaleza inaplicable de los neopronombres, las ideas más apoyadas son aquellas de un lenguaje inclusivo flexional, que no desea romper con lo que conocemos como gramática, mas redefinirla de una manera que observe las minorías de género y las ambigüedades en el habla común. Al principio del proyecto, ya dimos a conocer las tres propuestas más famosas, pero en este apartado, las analizaremos en más detalle.

Estas propuestas para un género neutro inclusivo en español son el «@», la «x» y la «e». El motivo de la primera se debe a que, en español, se suelen asociar los géneros masculino y femenino con la -o y con la -a, respectivamente. La arroba se dice que es similar a la escritura de una «a» en el interior de una «o», por lo que alude a la inclusión de

ambos géneros en el lenguaje. Es más, es de uso extenso, tanto que la Real Academia lo menciona en su análisis del género gramatical. En cuanto a la -x, se debe a que esta grafía a menudo es asociada a lo desconocido. Se ve claramente en la utilización algebraica de «x» para expresar un dato ignoto en una ecuación, por ejemplo. Además, ya ha sido usada en varias ocasiones para incluir géneros no binarios, el trigésimo sexto presidente de los Estados Unidos, Joe Biden, ya introdujo una ley que permitía la selección de X como su marca genérica en su documento de identidad, a oposición de la M o la F (Comunicado oficial de la Casa Blanca, 2022). Aunque estas dos opciones ya hayan visto su uso como suplentes del masculino generalizador, su popularidad palidece ante el extenso uso de la -e, en parte debido a la ya mencionada impronunciabilidad de la arroba o la equis.

En el ensayo, ya se han hecho numerosísimas menciones de que el pensamiento popular que dice que la «e» marca género neutro es total e irrevocablemente incierto. Para ello, acudimos a la Real Academia para establecer los cambios genéricos en diferentes tipos de morfemas. Y resulta que, la feminización de las palabras es más compleja de lo que uno puede pensar. La Real Academia presenta doce epígrafes (de la A a la L) sobre la formación del femenino en la lengua española (Diccionario panhispánico de dudas), la mayoría de fenómenos con sus respectivas excepciones y anomalías. Los apartados que nos vienen a cuenta son los siguientes:

- a) Aquellos cuya forma masculina acaba en -o forman normalmente el femenino sustituyendo esta vocal por una -a: *bombero/bombero, médico/médica, ministro/ministra, ginecólogo/ginecóloga*. Hay excepciones, como *piloto, modelo o testigo*, que funcionan como comunes: *el/la piloto, el/la modelo, el/la testigo*. [...]
- c) Los que acaban en -e tienden a funcionar como comunes [...]: *el/la amanuense, el/la cicerone, el/la conserje, el/la orfebre, el/la pinche*. [...] Dentro de este grupo están también los sustantivos terminados en -ante o -ente, procedentes en gran parte de participios de presente latinos, y que funcionan en su gran mayoría como comunes [...]: *el/la agente, el/la conferenciante, el/la dibujante, el/la estudiante*.

Analizando el material la Real Academia nos proporciona, observamos que la creencia popular sobre la masculinidad de la -o y la neutralidad de la -e se cumplen, pero debido a la inmensidad de la lengua, es imposible llegar a normas claras que se cumplan en todos los casos. Es así que esta afirmación se trata de una generalización (aunque no tan general) de los fenómenos genéricos de la lengua y, por tanto, es contradictorio crear nuevas normas en nombre de la inclusión si para ello nos arraigamos a lo general, es decir, lo que no incluye excepciones.

Por ejemplo, la palabra ‘madre’ y ‘padre’ acaban ambas en -e, pero sería un disparate proponer que ambas de estas palabras sean de semántica y/o gramática neutra (¿el madre?, ¿la padre?), pero comparten terminación con ‘pariente’, que sí es neutra. Entonces, las marcas del masculino y el femenino en estas palabras son la p- y la m-. Pero si nos aventuramos al inglés, es la f- (father) y la m- (mother). En el apócope, en cambio, son la d- y la m- (dad/mum). En español, estas dos palabras acortan en ‘papá’ y ‘mamá’, pero ahora, en vez de acabar en -e, acaban en -a, ¿lo que significa que la -a también es neutra? Podemos acudir a diferentes gramáticas y analizar palabra por palabra las desinencias genéricas y la infinitud de excepciones que estas suponen, pero para no recargar el proyecto de redundancias, vamos a analizar los determinantes artículos, que compilan sorprendentemente bien estas cuestiones lingüísticas.

	masc. sg.	fem. sg.	masc. pl.	fem. pl.	ntro.
ESPAÑOL	el	el, la	los	las	lo
FRANCÉS	le	la	les	les	le
INGLÉS	the				
ALEMÁN	der	die	die		das

Tabla 9. Determinantes artículos en distintas lenguas

Analizando la tabla anterior, encontramos varias peculiaridades:

- a) La -e como marca del neutro es, de nuevo, falsa. Pues la encontramos en el masculino singular del español y francés. El motivo de la -e en el neutro francés se debe a que no existe una forma distinguida neutra, sino que se usa exclusivamente la forma masculina singular (como ocurre a veces en español). Recordemos que «el» proviene desde ILLE en latín a través de

unos procesos fonéticos. Curiosamente, si obviamos la economía del lenguaje que hizo que ILLE se dividiera en sílabas (IL>el (es.); LE>le(fr.)), obtenemos la palabra «elle». En cambio, la marca del masculino en alemán parece no ser marcada por una vocal.

- b) La -o como marca del masculino es, de nuevo, falsa. Encontramos la -o tanto en el masculino plural como en el neutro del español, aunque por ninguna parte en el francés. Esto se debe a pura fonética. Recordemos que «los» proviene de ILLOS y que «lo» proviene de ILLVD. El motivo de la -e en el francés se debe a, en el masculino plural, la evolución desde ILLIS y no ILLOS; y, en el neutro, ya explicado.
- c) La -a como marca del femenino es, de nuevo, falsa. Ciertamente, encontramos la -a tanto en los femeninos en español como en francés, pero vemos una e- en el femenino singular del español. Esto se debe a la división en sílabas de ILLA (IL>el; LA>la). Aún así, cabe destacar que, en el resto de palabras francesas, la marca femenina se hace a través de la -e (m.: blond; f.: blonde), así como parece suceder en el alemán.

Este vaivén de géneros, inconsistencias flexionales y, desde un punto de vista externo, confusión de las desinencias genéricas en las lenguas que proceden del indoeuropeo se debe, como ya explicado, a muchísimos factores externos. Se piensa que la distinción entre tres géneros desde el indoeuropeo ya comienza a perderse en el latín (Väänänen, 1967). Lo vemos en evidencia si ponemos la lupa en algunos ejemplos que ya hemos tratado en este ensayo, principalmente que la terminación -VM estaba presente tanto en el neutro singular como en el masculino y que la -A aparecía en el femenino y en el neutro plural, lo que lleva a que en el latín vulgar aparezcan muchas palabras cuyo género era incierto. También me parece acertado mencionar lo siguiente:

“Es erscheint logisch, daß *der Mann* maskulin ist, *die Frau* feminin und *das Kind* neutrum. Diese Nomen folgen dem natürlichen Genus. Aber warum ist *der Löffel* maskulin, *die Gabel* feminin und *das Messer* neutrum? Man weiß es nicht. Diese Nomen folgen dem grammatischen Genus. Es gibt jedoch einige Regeln, wie man mit Hilfe der Endung das Genus eines Nomens erkennen

kann. Diese gelten jedoch nicht immer und nicht für alle Nomen. Deshalb ist es am besten, das Nomen immer zusammen mit dem Artikel zu lernen.” (Reimann, 1996)

“(Parece lógico que el hombre sea masculino, la mujer femenino y el niño neutro. Estos sustantivos obedecen al género natural. Pero, ¿por qué es el tenedor masculino, la cuchara femenino y el cuchillo neutro? No se sabe. Estos sustantivos obedecen al género gramatical. Hay también algunas reglas con las que con la ayuda del sufijo se puede reconocer el género del sustantivo. Normalmente, se sigue esta regla, pero no funciona para todos los sustantivos. Por ello, es mejor aprender siempre el sustantivo con su adjetivo.” - traducción de Begoña Toral)

Más de una vez se nos ha pillado con la barba en el buzón, hablamos mal nuestra propia lengua, cuanto más materna, peor. Confundimos tiempos verbales, e incluso inventamos otros. Suprimimos fonemas, a veces grafías al escribir, por no hablar de la acentuación. Pero, lo que más nos interesa, confundimos el género y no termina de quedarnos claro qué es. Para empezar, tenemos palabras de género oscilante (el mar/la mar; el calor/la calor; el sartén/la sartén), así como en el alemán. Incluso hemos llegado a cambiar el género gramatical de otras palabras que tenían género definido (el arte bizantino/las artes escénicas) por analogía, recordemos que el determinante «el» también puede ser femenino. A veces no nos damos cuenta, pero «montamos un pollo» cuando, en verdad, lo que hacemos es «montar un poyo». Romanos decían “*Beatī Hispanī, quibus vivere bibere est*” (*Felices españoles, para quienes beber es vivir*), mofándose de que confundíamos el sonido /b/ con el sonido /v/. Pero lo que más nos importa es que utilizamos mal nuestros masculinos generalizadores. Le decimos «tío» a una mujer, incluso «bro» (del inglés «brother»), a lo mejor «mec» (del francés), todas estas palabras obviamente haciendo referencia al género masculino. Diríamos que: “Me fui de copas con mis amigos, Claudia y Lucía” y nadie frunció el ceño. A lo mejor tu madre te regaló el libro que tanto querías y dices: “Qué buenos padres tengo”. ¿Acaso los hablantes son misóginos y pretenden ocultar a la mujer? La respuesta es lógica, un rotundo no. Pero seguimos con la duda del porqué nos cuesta tanto asimilar el género gramatical, fenómeno que vemos en el latín

vulgar, incluso antes. Bien, el género nos es, como especie, irrelevante. Observemos con detalle la siguiente tabla:

	masc. sg.	fem. sg.	masc. pl.	fem. pl.	ntro.
ESPAÑOL	yo		nosotros	nosotras	
	tú		vosotros	vosotras	
	él	ella	ellos	ellas	
FRANCÉS	je		nous		
	tu		vous		
	il	elle	ils	elles	
INGLÉS	I		we		
	you		you		
	he	she	they		
ALEMÁN	Ich		Wir		
	Du		Ihr		
	Er	Sie	Sie		

	masc. sg.	fem. sg.	masc. pl.	fem. pl.	ntro. sg.	ntro. pl.
LATÍN	egō		nōs			
	tū		uōs			
	ille	illa	illī	illae		
GRIEGO	ἐγώ		ἡμεῖς			
	σύ		ὑμεῖς			
	αὐτός	αὐτή	αὐτοί	αὐταί		

Tabla 11. Pronombres personales en lenguas clásicas

En todas estas lenguas, activas y clásicas, la tercera persona, la que usamos para referirnos a alguien que no es parte activa de la comunicación que se está llevando a cabo (en la mayoría de los casos), es la que sufre la flexión genérica. Evidentemente, las personas que usamos para referirnos a uno mismo y al receptor activo en la comunicación no necesitan esas marcas de género (nosotros y vosotros es una fusión de «nos/vos y los otros», lo que lleva a la flexión gramatical en «otros/otras»). Si hay dos personas hablando, una sabe tanto el género al que él mismo pertenece como el género de la otra persona, y viceversa. Las características biológicas lo delatan. Nunca fue necesario (y ya desde raíces indoeuropeas) poner marcas de género porque podíamos usar la vista para reconocer el sexo de esa persona, prescindiendo del género gramatical como instru-

mento. Se usa el contexto. Es más, se piensa que en los orígenes del indoeuropeo existían únicamente dos géneros. Estos eran el animado y el inanimado (Rodríguez Díez, 2003). Dicho mal y rápido, fueron ellos mismos quienes desarrollaron el género masculino y el femenino (a partir del animado) y el neutro (que derivó del inanimado). Esto es visible en las propias lenguas de hoy en día, recordemos los usos de cada género, en específico, el uso del neutro. Esto es el motivo de que «padre» y «madre» no tengan flexión genérica. Incluso si nos fijamos en los nombres de algunos animales, podemos descubrir que usaban dos palabras diferentes, puesto que no había un género y otro. Palabras como «toro y vaca», o «caballo y yegua». Dado que solo había un género, no podían crear «tora» y «caballa», por lo que se inventaron palabras totalmente diferentes. En cambio, animales más tardíos ya tienen esta flexión (cerdo/cerda; gallo/gallina; pollo/polla).

Ahora que sabemos lo anterior, leamos el siguiente texto:

“Los niños que terminen pueden ir al recreo, dice la maestra. Julia se queda sentada en su pupitre, esperando su turno. Fulanita, he dicho que podéis ir al recreo y, como Julia permanece inmóvil, al final le explica que con niños se refiere también a las niñas. Horas más tarde, el profesor de gimnasia dice: Los niños que quieran formar parte del equipo de fútbol que levanten la mano. Julia alza la mano, decidida, a lo que el profesor, incómodo, reacciona: He dicho los niños. Julia, estupefacta, no entiende nada. ¿Pero no había dicho los niños? Y así, las mujeres, desde pequeñas, tienen que aprender a deducir cuándo están incluidas y cuándo no. Aunque la anécdota puede parecer divertida, en realidad no lo es. [...]” (Martín Barranco, 2021)

leyendo con detenimiento y la mente en calma, encontramos un contraargumento a favor del lenguaje inclusivo. Uno muy bien presentado y, lo que nos importa, que presenta un verdadero obstáculo a nuestra hipótesis. No me era ajeno que cada lengua sobresale en algunos aspectos, pero en otros no se desarrolla tanto, esto es sociolingüística. Estas peculiaridades llevan a ambigüedades y, en estos dos ejemplos, se ve claramente la ambigüedad que causa el masculino generalizador en la lengua española. Si Julia llega a vivir en otro universo, uno donde el lenguaje inclu-

sivo se lleva utilizando desde tiempos inmemorables, las dos interacciones irían tal que así:

- La maestra, en vez del generalizador «los niños», habría usado «les niños», que, en este mundo, sería totalmente inclusivo de todos los niños masculinos y femeninos. Julia, por tanto, habría salido al recreo sin problema.
- Cuando el profesor de educación física menciona a «los niños», puesto que en este mundo no es un término generalizador, Julia debería entender que solo se refería a los niños.

Estrictamente hablando, el lenguaje inclusivo está un paso por delante de nuestra gramática actual. Pero eso es estrictamente. Si moldeamos el lenguaje un poco, llegamos a un razonamiento sensato. Esto se trata de una ambigüedad debido al masculino generalizador, existen más ambigüedades, claro está, pero no son la mayoría de casos, puesto que tontos no somos y habríamos adaptado nuestra lengua para solventar este inconveniente (así hicieron los indoeuropeos cuando vieron necesaria la representación explícita del masculino y el femenino). Podemos recurrir a muchos más instrumentos además de la lengua seguida a rajatabla. Cambiando toda la gramática española, añadiendo un género en el proceso, el cual es inaplicable e incoherente en muchos casos. Tras muchísimos años de transición, en los que la tercera generación difícilmente se adapta, la segunda puede que lo intente y la primera, por influencia de sus padres, todavía usen el masculino generalizador, lo que nos lleva a la siguiente primera generación, con padres que ya nacieron con estos cambios gramaticales, ya sean los que propiamente usen de manera continua el género inclusivo. Podemos optar por hacer eso, o podemos usar el maravilloso genio del lenguaje para que haga el trabajo por nosotros.

Julia, por lo que entiendo, debe ser muy joven. Por contexto, cuando ya se acerca la hora del receso, tus compañeros están recogiendo su material y tu profesora, misteriosamente, se está refiriendo a «los chicos», creo que es lógico entender que te está incluyendo a ti también. Es más, si la profesora llega a decir «las chicas», pongo mi mano en el fuego a que algunos chicos también se irían al patio (yo, por ejemplo, mato por salir al recreo, me sienta o no incluido). En relación con el profesor de educación física, es

cierto que Julia podría haber entendido ese «chicos» como generalizador, pues no hay marcas que diferencien el masculino del masculino inclusivo. Es por esto que el profesor, inconscientemente conocedor de esta ambigüedad, haya creado una situación para dejar claro que solo quería chicos masculinos en su equipo de fútbol. A lo mejor llevan un rato hablando del tema en la sesión. El equipo capaz se llama “Equipo Masculino de Fútbol”. Sin un contexto, nos es difícil averiguar la situación comunicativa, pues carecemos de un pilar fundamental de la comunicación. Aún así, si no queremos recurrir al contexto o el contexto no es el adecuado para esquivar esta ambigüedad, podemos manipular el mensaje. Imagínate que el profesor llega a decir “los chicos, y solo los chicos”. Ahí, por mucho que se quiera decir que no, el primer «chicos» era ambiguo, pero el segundo, debido a ese «solo», da a entender lo que se quería transmitir. Si el profesor no consigue transmitir un mensaje claro, como pasa en el ejemplo del libro, la comunicación falla y no se consigue. Pero después de todo eso, Julia levanta la mano, el profesor le dice que no pretendía incluir al género femenino en ese mensaje y, como Julia no está hecha de porcelana, entiende que el profesor cometió un error, se ha solventado y, en conclusión, ella no participa en el equipo de fútbol.

Pero he de reiterar que, formalmente hablando, hay una clara ambigüedad en situaciones como esa, cuando, dirigiéndose a un grupo mixto, se quiere incluir únicamente al género masculino y no se logra distinguir si se está usando un masculino o un masculino generalizador. Si los motivos prácticos, sociolingüísticos no son suficiente, recurramos al innegable (esperemos) campo de la ciencia.

“*La lengua está viva*”, proverbio que se repite en muchas bocas de lingüistas. Pero a lo mejor, esta oración no basa tanto su existencia en la lírica sino que tiene un cierto valor científico. Darwin dejó claro que el ser vivo debe adaptarse para continuar con su linaje (1859). Las situaciones y el contexto influyen una barbaridad en cómo una especie debe de realizarse para seguir existiendo. La biología más reciente observa estos fenómenos evolutivos y ha ideado el siguiente gráfico, un mapa técnico llamado «paisaje evolutivo»:



Figura 1. Paisaje adaptativo Fuente: PBS, YouTube “Be Smart”

Aquí, cada punto, cada coordenada XYZ representa una posibilidad evolutiva de una especie. Pero existe una regla inviolable: Una determinada especie solo puede ascender en su colina, en la cual debe llegar a su cima; y está terminantemente prohibido descender por ella para acceder a una colina cuya cima es más alta. Un ser vivo decide ir en una dirección y, aunque habría otras más beneficiosas, debe mantenerse en esa dirección evolutiva.

Si entendemos que la lengua tiene tangentes con las características de un ser vivo, en cuanto que nace, evoluciona y muere; podemos aplicar este mismo paisaje evolutivo a la lengua española. Esta se encuentra localizada en una colina y, supuestamente, el lenguaje inclusivo propuesto se encuentra más alto (puesto que lidia con algunas ambigüedades presentes). El problema viene en que, dado que el lenguaje inclusivo supone un cambio radical a la tradición gramatical española, se sitúa en una colina diferente al español actual, que tomó una dirección de dos géneros gramaticales. Luego, el español, para alcanzar una (supuesta) perfección inclusiva, ha de primero involucionar para luego evolucionar. Recordemos que esto no se da en ningún ser vivo y, por extensión, las lenguas.

Pero obviemos todo lo anterior. Hipotéticamente, adoptamos el lenguaje inclusivo en el español. Exactamente, ¿qué cambiaría? Bueno, además de resquebrajar hasta el último nervio de nuestra queridísima gramática, el género inclusivo se convertirá en el género políticamente correcto, así como pasa hoy en día con la redoblación del género (chicos y chicas) y, en el lenguaje escrito, esta misma técnica o la arroba (chic@s). Los discursos políticos rebotarán

de inclusión, casi excedente, y los carteles propagandísticos irán a la moda, la -e.

masc. sg.	fem. sg.	incl. sg.	masc. pl.	fem. pl.	incl. pl.	ntro.
yo			nosotros	nosotras	nosotres	
tú			vosotros	vosotras	vosotres	
él	ella	elle	ellos	ellas	elles	ello
el	el, la	le	los	las	les	lo

Tabla 12. Pronombres y artículos en género inclusivo

Pero, ¿realmente cambia algo? Si hacemos todos estos cambios, rompiendo con toda tradición lingüística que tuviéramos y, por si no fuera poco, luego no nos sea útil, deberíamos plantearnos si hacerlo. Para empezar, en el lenguaje coloquial, el género inclusivo no terminaría de cuajar. Las generaciones adultas seguirán usando el masculino, así como las más jóvenes. Cuando el género inclusivo ya tome forma en el día a día, seremos cronológicamente irrelevantes, pues muchas generaciones deben pasar hasta que, de manera sistemática, se utilice este género. Por si fuera poco, podemos acudir a la vieja usanza, la encuesta.

97 respuestas

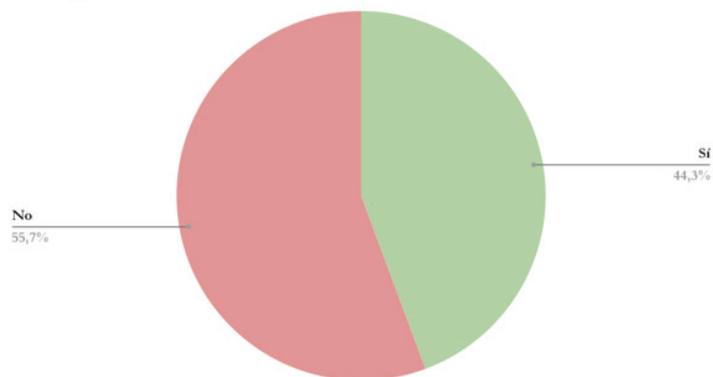


Gráfico 1. Sobre el sexismo en la lengua

98 respuestas

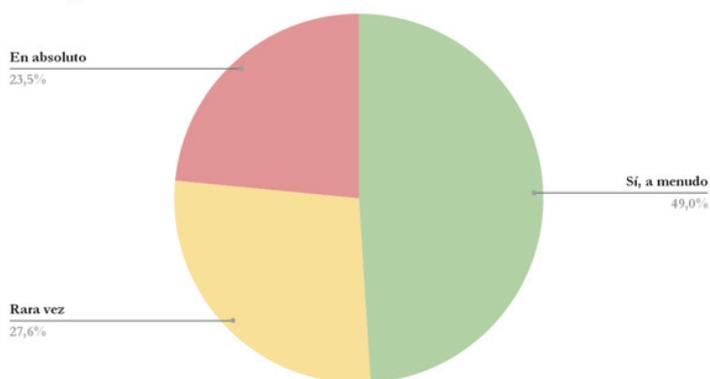


Gráfico 2. Sobre la necesidad de un género inclusivo/neutro

Entre otras cuestiones, se preguntó a un instituto de Secundaria (IES de Guadarrama) sobre el lenguaje inclusivo, estas dos cuestiones son las que, con el material ya investigado, decidí que eran más relevantes. Al final del ensayo, pasada la bibliografía, se presentan, para libre curiosidad del lector, todas las cuestiones del formulario mencionado, en el anexo.

En cambio, lo que más nos parece interesar es el lenguaje formal, en específico, la política. En la sociedad de hoy en día, se repite muchas veces eso de ser “políticamente correcto”, estamos casi obsesionados. Esto es el motivo de porqué la política cada vez se ha vuelto más monótona. Sin embargo, lo que nos trae entre manos es el acercamiento (de cara al público) sobre un género inclusivo. Bien, el «elle», además de otros mecanismos inclusivos (o excluyentes, lo veremos después), son relativamente prominentes en el lenguaje discursivo. Lo vemos en el español (Irene Montero), pero también en el francés (Petit Robert) y el inglés (aunque en esta lengua, la costumbre inclusiva se lleva desde hace tiempo). Aunque el colectivo LGTBIQA+ sea una considerable minoría en toda población, las masas que mueven son inmensas y, hablando mal y pronto, una ola activista ha incentivado a los políticos a usar un lenguaje lo más inclusivo posible, sin dejar de lado identidades de género, sexualidades, raza... a través de una descarada manipulación del lenguaje, moldeando el significado de las palabras para cumplir los requisitos que ellos mismos buscan. Desde una inocente mutación del significado de «gay» (en origen, «alegre») y una alegoría en las palabras «sáfico» o «lésbico» (que ahora ponemos en duda la legitimidad de esas

afirmaciones) hasta que no podemos estar seguros de verdades biológicas básicas que nos llevan a crear términos como «caballito de mar» (para referirnos a varones que, sorprendentemente, pueden quedar embarazados), «huevo» (para referirnos a personas trans que no han salido del armario) y muchos más. Aunque estos se acerquen más al ámbito viral, viéndose en plataformas como TikTok o X, hay más denominaciones ‘inclusivas’ que se usan en el lenguaje político. ‘Personas de color’ (porque, principalmente, ‘negro’ parecía ofensivo), ‘Personas del colectivo’ (porque ‘gay’, ‘lesbiana’ y ‘bi’ parecía ofensivo), ‘Personas cisgénero’ (porque ‘varón’/‘hombre’ y ‘mujer’ parecía ofensivo)... Entre ellas, encontramos la necesidad de citar las capacidades biológicas en vez del vocablo adecuado (‘personas con útero’=mujer; ‘personas con testículos’=varón; ‘personas que pueden dar de mamar’=mujer...)

Lo más inaudito es que, incluso basándose en sus propios enunciados, hay un cierto afán por bigenerizar palabras que, de por sí y por definición, ya eran inclusivas de ambos géneros. Puede llegar a parecer que, antes que discutir asuntos dignos de ser tratados en congresos y parlamentos, lo que se lleva a cabo es una competición de Lengua, donde los unos y los otros intentan poner en evidencia al bando contrario. Así es, en la política, se trata más sobre lingüística que sobre política.

Aunque lo tratado en el párrafo anterior puede parecer polémico, presento varias instancias donde esto, por muy ajeno que nos parezca, es cierto. Es más, en algunos casos, hay un impedimento de la política para dar paso a riñas entre los partidos de turno.

Entre representantes de PSOE y VOX:

D. Rodríguez Almeida (VOX): “Muchas gracias, señora presidenta.”

[...]

D^a. Sánchez Jódar (PSOE): “Muchas gracias, señora presidenta. Presidenta con «a». Y quería comenzar mi intervención, incluso antes de saludar al ministro, decirle al portavoz de VOX que para falta de respeto la que tienen ustedes día sí y día también. Llamando

«presidente», en masculino, a una mujer, que por más que a ustedes les pese, es presidenta. Presidenta con «a». Y ni lo vamos a permitir, ni lo vamos a blanquear, ni lo vamos a normalizar la falta de respeto a esta persona. Así que empiecen a tener un mínimo de respeto por las mujeres de este país y ya de paso, así, comiencen a respetarse a ustedes mismos.”

[...]

D. Rodríguez Almeida: “Muchas gracias, señora presidente. A ver, a la señora Sánchez Jódar, no sé si me puede prestar un minuto de atención. Como portavoz del PSOE, le animo a usted a repasar las reglas de la lengua que compartimos y así no tendría que poner de manifiesto su ignorancia. ¿Le suena el término ‘principio de participio activo’? Pues el del verbo «presidir» es «presidente». Una mujer, cuando ataca, - que es lo que usted ha pretendido hacer conmigo - no es atacanta, sino atacante. Si usted es una mujer pensante y no pensanta, seguramente entenderá estos aspectos de la gramática española.”

[...]

D^a. Sánchez Jódar: “Señor Almeida, decirle, mire, no ofende quien quiere, sino quien puede. Y, créanme, para una portavoz del Partido Socialista, es una falta de respeto por parte de VOX y tratar de insultar a esta portavoz por parte de VOX, créanme, que no es una ofensa, sino todo un halago. Porque además, fíjese usted, Real Academia Española de la Lengua: ‘presidenta/presidente: sustantivo’. Aprenda.”

Y, como esta, existen muchísimas interacciones similares que tratan de una redoblación de términos neutros semánticamente (y gramaticalmente). A continuación, se hará un análisis del texto dialógico entre la Señora Sánchez Jódar y el Señor Rodríguez Almeida.

Primero, observemos lo que la RAE dice al respecto de esta redoblación en «presidente»:

“¿Es «la presidenta» o «la presidente»?

Aunque «presidente» puede usarse como común en cuanto al género («el/la presidente»), es preferible hoy usar el femenino «presidenta», documentado en español

desde el siglo XV y registrado en el diccionario académico desde 1803.” (Consultas de la semana, 24-30 junio, 2019)

La RAE concluye en que, debido al panorama social, es recomendable redoblar la palabra. Pero gramaticalmente, «presidenta» es incorrecto o, al menos, redundante. Como menciona Rodríguez Almeida, el principio de participio activo es inmutable. Volviendo la mirada al latín, descubrimos que la noción de hacer una acción se representaba con un participio. Su traducción literal sería ‘que.../quien...’. Por eso, del verbo ESSE (ser), cuyo participio activo era ENS, ENTIS, deriva ente (que es). Así con todos los verbos. Del verbo ‘cantar’ procede ‘cantante’, así como de ‘vigilar’, ‘vigilante’. Y es en estos dos ejemplos cuando nos damos cuenta de que esta redoblación del neutro en masculino y femenino es una herramienta política. Si observamos algunas de las palabras más polémicas hoy en día (presidenta, jueza, miembro...), concretamos que todos estos son cargos que, hasta hace poco, eran dominados por varones. Ahora que, afortunadamente, la mujer es visible en más ámbitos de la sociedad, para dejar claro su impacto, se decide modificar la lengua para, a fin de cuentas, crear un argumento político. Nos suena bien ‘presidente’ y ‘presidenta’, pero nos chirría al oído escuchar ‘oyenta’, ‘creyenta’, ‘cantanta’. Tal es la influencia que hasta Documentos de Google salta a corregir estas tres últimas, pero no observa una incorrección en la primera, además de que nadie habla de ‘periodistas’ y ‘periodistos’.

‘presidente’ y ‘presidenta’, pero nos chirría al oído escuchar ‘oyenta’, ‘creyenta’, ‘cantanta’. Tal es la influencia que hasta Documentos de Google salta a corregir estas tres últimas, pero no observa una incorrección en la primera, además de que nadie habla de ‘periodistas’ y ‘periodistos’.

Figura 2. Autocorrector de Google en la redoblación de palabras

Lo que a algunos les parece importante es que, como ambos términos están aceptados, debería ser irrelevante si un hablante (que no hablanta) se refiere a una mujer con el vocablo tradicional o el que es más popular recientemente. La verdad es que hay un pensamiento erróneo común sobre la naturaleza de la Real Academia Española. Se trata de un órgano que, como objetivo principal, vigila el uso o desuso de las palabras y, dependiendo de los resultados, añade el léxico correspondiente al Diccionario de la Lengua. La RAE per se no modifica la Gramática (mucho me-

nos radicalmente). Por ejemplo, cuando «elle» se introdujo al Observatorio de Palabras (una herramienta que compila palabras que han visto un aumento en el uso, pero no el suficiente como para añadirlas al vocabulario español y se deberían tratar más como coloquialismos o préstamos), hubo un enorme revuelo por esta acción.

«elle»

El pronombre *elle* es un recurso creado y promovido en determinados ámbitos para aludir a quienes puedan no sentirse identificados con ninguno de los dos géneros tradicionalmente existentes. Su uso no está generalizado ni asentado. (*Observatorio de Palabras, 2020 - ya no existente*)

Más tarde, se removió de la página web:

“Debido a la confusión que ha generado la presencia de «elle» en el «Observatorio de palabras», se ha considerado preferible sacar esta entrada. Cuando se difunda ampliamente el funcionamiento y cometido de esta sección, se volverá a valorar.” (*Cuenta oficial de la RAE en Twitter, 2020*)

La lengua es un tópico sensible para muchos, pues es la herramienta que nos mueve a todos. Nos importa (y mucho) qué palabras se usan y se dejan de usar en X o Y entornos. Esto se ve en la siguiente interacción entre diputados argentinos.

Cecilia Moreau: “En uso de la palabra el diputado Javier Milei.”

Javier Milei: “Muchas gracias, señora presidente. En primer lugar—”

Cecilia Moreau: “Presidenta.”

Javier Milei: “El español me lo permite, decir «presidente» ”

Cecilia Moreau: “Ya me dijo «-ente», es «presidenta» ”

Javier Milei: “Señora presidente, [...]”

[...]

Javier Milei: “[...] Muchas gracias, señora presidente.”

Cecilia Moreau: “Gracias, diputada. [...]”

La lengua no es un concepto que se pueda manipular por voluntad política. Es una parte del mundo y, por ello, debe representar la sociedad de hablantes que la comparten. Es así que en el diálogo Crátilo de Platón, se presenta la idea de que los nombres son un consenso social. Es por esto que no debe ser politizada. Si la sociedad decide dar un uso relevante a presidenta, miembra, etcétera, así será, pero por voluntad social. Y, aún así, las versiones tradicionales deberían ser aceptadas, no como, por ejemplo, ocurre en la interacción anterior.

Sin embargo, como ultimátum, propongo que volvamos a ese universo hipotético donde el lenguaje inclusivo se ha adoptado en la lengua española. Veamos qué cambia exactamente en una serie de discursos y escritos históricos:

MENSAJE DE NAVIDAD 2022 DE FELIPE VI

Buenas noches,

Me alegra mucho poder estar en vuestros hogares y seguir cumpliendo con esta tradición de transmitir mis mejores deseos, sobre todo de paz, en esta Nochebuena; y también de compartir con vosotros algunas reflexiones sobre los acontecimientos más relevantes del año que ahora termina.

El 2022 ha sido –está siendo todavía– complicado y difícil. Como no han sido nada fáciles los últimos años. Cuando creíamos haber superado lo peor de la pandemia –sin duda, la mejor noticia– en el mes de febrero Rusia invadió Ucrania y, desde entonces, hemos sido testigos de 10 meses de una guerra que ya ha causado un nivel de destrucción y ruina difíciles de imaginar en nuestra realidad cotidiana. Hemos vivido el sufrimiento del pueblo ucraniano y seguimos sintiendo, con una profunda tristeza, la pérdida de miles de vidas humanas.

A los ucranianos refugiados en nuestro país y a todos sus compatriotas les enviamos, especialmente hoy, nuestro recuerdo y afecto.

Estamos así, ante una nueva guerra en Europa, en las fronteras de algunos de nuestros socios europeos y aliados, y, por tanto, cerca de nosotros; y que no solo afecta a Ucrania, sino que tiene una trascendencia global.

[...]

Buenas noches,
Me alegra mucho poder estar en vuestros hogares y seguir cumpliendo con esta tradición de transmitir mis mejores deseos, sobre todo de paz, en esta Nochebuena; y también de compartir con **vosotros** algunas reflexiones sobre los acontecimientos más relevantes del año que ahora termina.

El 2022 ha sido –está siendo todavía– complicado y difícil. Como no han sido nada fáciles los últimos años. Cuando creíamos haber superado lo peor de la pandemia –sin duda, la mejor noticia– en el mes de febrero Rusia invadió Ucrania y, desde entonces, hemos sido **testigos** de diez meses de una guerra que ya ha causado un nivel de destrucción y ruina difíciles de imaginar en nuestra realidad cotidiana. Hemos vivido el sufrimiento del pueblo ucraniano y seguimos sintiendo, con una profunda tristeza, la pérdida de miles de vidas humanas.

A los ucranianos refugiados en nuestro país y a todos sus **compatriotas** les enviamos, especialmente hoy, nuestro recuerdo y afecto.

Estamos así, ante una nueva guerra en Europa, en las fronteras de algunos de **nuestros socios europeos** y **aliados**, y, por tanto, cerca de **nosotros**; y que no solo afecta a Ucrania, sino que tiene una trascendencia global.

[...]

DISCURSO DE INVESTIDURA DE PEDRO SÁNCHEZ

Buenos días. Egun on. Bon dia. Bos días.

Presidenta, estimados diputados y estimadas diputadas, compatriotas, conciudadanos que nos siguen a través de los medios de comunicación y, también, de las redes sociales.

Manifestarse en las calles es una de las formas de ejercer la democracia que reconoce nuestra Constitución. Estos días hemos escuchado a miles de ciudadanos expresarse libre y legítimamente en protestas convocadas tanto por el Partido Popular como por Vox. A todos quienes han ejercido este derecho de modo pacífico -y subrayo, pacífico- quiero trasladarles mi respeto y mi reconocimiento porque han ejercido un derecho constitucional de participación política que emana de la Constitución Española.

La Constitución -señorías- solo contempla una forma superior de ejercicio democrático, y es votar en las elecciones. Precisamente ese es el procedimiento que la Constitución señala para la formación del gobierno y, en consecuencia, también para la investidura de la Presidencia del Gobierno.

[...]

Buenos días. Egun on. Bon dia. Bos días.

Presidenta, **estimades diputades, compatriotes, conciudadanes** que nos siguen a través de los medios de comunicación y, también, de las redes sociales.

Manifestarse en las calles es una de las formas de ejercer la democracia que reconoce nuestra Constitución. Estos días hemos escuchado a miles de **ciudadanes** expresarse libre y legítimamente en protestas convocadas tanto por el Partido Popular como por Vox. A **todes** quienes han ejercido este derecho de modo pacífico -y subrayo, pacífico- quiero trasladarles mi respeto y mi reconocimiento porque han ejercido un derecho constitucional de participación política que emana de la Constitución Española.

La Constitución -señorías- solo contempla una forma superior de ejercicio democrático, y es votar en las elecciones. Precisamente ese es el procedimiento que la Constitución señala para la formación del gobierno y, en consecuencia, también para la investidura de la Presidencia del Gobierno.

[...]

Además de los dos anteriores discursos políticos, se acude a Chat GPT, inteligencia artificial, a crear un discurso político con las siguientes directrices: “¿Puedes crear un discurso político sobre la lectura que, más o menos, contenga 200 palabras? ¿Podrías hacer que contenga el mayor número de palabras que consten de un masculino generalizador?”. Se eligió el primer resultado.

DISCURSO DE CHAT GPT SOBRE LA LECTURA

Ciudadanos y ciudadanas,

Hoy quiero hablarles sobre un tema crucial para el avance de nuestra sociedad: el papel fundamental que desempeña el hombre en la promoción de la educación y la lectura. Enfrentamos desafíos que requieren el compro-

miso de cada hombre y mujer en nuestra comunidad. Es responsabilidad del hombre liderar el camino hacia un futuro más educado y enriquecedor.

Desde la infancia, el hombre debe inculcar a los niños el amor por la lectura. El hombre, como padre y educador, tiene el deber de proporcionar acceso a una variedad de libros que estimulen la mente de los pequeños. Además, en la etapa académica y profesional, el hombre debe destacar la importancia de la lectura para el éxito futuro.

Insto a cada hombre presente a asumir un papel activo en la difusión de la lectura. El hombre tiene el poder de influir en su entorno, promoviendo la lectura como un hábito esencial. Juntos, hombres y mujeres, podemos construir una sociedad más educada y equitativa.

En resumen, la lectura es clave para el desarrollo individual y colectivo. Es tarea de cada hombre liderar este cambio hacia una cultura de lectura más sólida y enriquecedora. ¡Por un futuro donde la educación sea un derecho para todos los ciudadanos y ciudadanas!

Ciudadanes,

Hoy quiero hablarles sobre un tema crucial para el avance de nuestra sociedad: el papel fundamental que desempeña el humano en la promoción de la educación y la lectura. Enfrentamos desafíos que requieren el compromiso de cada persona en nuestra comunidad. Es responsabilidad del humano liderar el camino hacia un futuro más educado y enriquecedor.

Desde la infancia, el humano debe inculcar a les niños el amor por la lectura. El humano, como pariente y educadore, tiene el deber de proporcionar acceso a una variedad de libros que estimulen la mente de les pequeños. Además, en la etapa académica y profesional, la persona debe destacar la importancia de la lectura para el éxito futuro.

Insto a cada persona presente a asumir un papel activo en la difusión de la lectura. La persona tiene el poder de influir en su entorno, promoviendo la lectura como un hábito esencial. Juntas, todes, podemos construir una sociedad más educada y equitativa.

La lectura es clave para el desarrollo individual y colectivo. Es tarea de cada persona liderar este cambio hacia una cultura de lectura más sólida y enriquecedora. ¡Por un futuro donde la educación sea un derecho para todes les ciudadanes!

Estudiando los textos presentados y, en específico, los ‘traducidos’ para albergar un lenguaje inclusivo, observamos una serie de aspectos en este habla:

- El flujo del discurso se ve altamente obstaculizado, concretamente, no parece proceder de un hablante (no ayuda a la contraargumentación que el texto con más cambios sea uno desarrollado por una inteligencia artificial).
- Debido a nuestra poca adaptación del lenguaje inclusivo, pues no existe, bien podemos entender el mensaje que se transmite, pero hemos de pensar más en concreto a quiénes se dirige el discurso. Además, cuando varios términos inclusivos se proceden los unos a los otros (ej.: algunos de nuestros socios europeos y aliados), puede llegar a ser hasta complicada tanto la lectura como la comprensión de lo dicho.

Estas dos conclusiones ponen en evidencia el larguísimo proceso que habría entretanto se pasa de una gramática a otra, mucho más complejo que una modificación (o ligera adición de términos) a la gramática existente. No se trata de una alteración, sino de una completa y extensa revisión y reinención de una gramática que, de por sí, es precisa.

Por si fuera poco, la naturaleza de la grafía «e» es compleja, haciendo difícil la implementación de esta grafía. La grafía «e» tiene unas ciertas peculiaridades, produce distintos sonidos dependiendo de las letras:

1. Si procede a una «c», produce un sonido /θ/. Para producir un sonido /k/, es necesario colocar las grafías «qu». Por tanto: chico, chica, ~~chice~~ chique.
2. Si procede a una «g», produce un sonido /x/. Para producir un sonido /g/, es necesario colocar las grafías «gu». Por tanto: amigo, amiga, ~~amige~~ amigue. Si se desea producir el sonido /gue/, se requiere marcar diéresis (¨) en la «u». De modo que: antiguo, antigua, ~~antigue~~ antigüe.
3. Cuando la sufijación de la palabra requiere «e» (-eo, -ea), queda ambiguo si escribir «-ee» (como en «leer») o «-ehe» (como en «rehén»). De modo que: feo, fea, fee/fehe.

Este problema se soluciona si se decide utilizar otra vocal, pero lo más complicado es buscarla. Las grafías «a» y «o» son totalmente inadmisibles. La grafía «i» presenta los mismos problemas que la «e». Y, por último, la «u» es de

difícil pronunciación (recordemos que la «u», por comodidad, evolucionó a la «o»). Debido a esto, la mejor vocal para este cambio es la «e», y ni siquiera es perfecta. Este cambio no solo causa unos problemas lingüísticamente, sino que también va en contra del principio de “economía del lenguaje”. Es este el fenómeno que causa la elisión de palabras, sílabas y, en general, sonidos con el fin de hablar más rápido, manteniendo la misma eficacia (ej.: por ahí - tres sílabas; “porai” - dos sílabas). Fonéticamente, el género inclusivo añade sílabas en algunos casos, en palabras terminadas por consonante:

profesor: pro'fe'sor (3)/ profesora: pro'fe'sor'a (4)/ profesore: pro'fe'sor'e (4) juez: juez (1)/ jueza: jue'za (2)/ juece: jue-ce (2)

Recordemos que uno de los motivos por los que usamos el masculino generalizador es debido a que, en algunos casos, la flexión genérica femenina es más larga y, por tanto, menos económica. Pero la inconveniencia no es solo fonética. Gráficamente, debido a los dimorfismos que conlleva la «e», a veces se deben escribir más grafías o signos para lograr el resultado deseado:

chico (5); chica (5); chique (6)
amigo (5); amiga (5); amigue (6)
antiguo (7); antigua (7); antigüe (8)
feo (3); fea (3); fee (3)/fehe (4)

Aunque pueda parecer insignificante, debemos recordar que la economía del lenguaje dio nacimiento a una nueva grafía, la «ñ» (Nebrija, 1492). Es más, esto es visible en la tecnografía, pues se accedió a representar la grafía «ß» como «ss», en alemán; o la grafía «œ» como «oe», en francés.

Siguiendo los principios de economía del lenguaje, la redoblación del género en, por ejemplo, “ciudadanos y ciudadanas” (como hace Chat GPT), es redundante. La forma inclusiva “ciudadanos” ya implica, de manera implícita ambos sexos. Pero aún así, la primera versión no es gramaticalmente incorrecta, ni mucho menos. El deseo de representar de manera explícita al género masculino y femenino ya es una elección basada en la libertad de expresión de cada uno, pues ambos hacen una acertada representación de la realidad. Obviamente, por libertad de expresión, yo puedo decir que “Ahbsrrfdjkk”, pero el fin del lenguaje es

la comunicación y, como ya hemos visto a partir de los textos anteriores, el lenguaje inclusivo no mejora sino que hasta impedita la comunicación fluida.

Pero claro, se habla de la realidad y de la acertada representación de ella. Sin embargo, hay quienes afirman con fervor que el concepto de “género binario” que se lleva teniendo por miles de millones de años se ha descubierto erróneo o, por lo menos, incompleto. Las principales voces de esto son los activistas de la teoría de género. A través de ella, el colectivo LGTBIQA+ ha obtenido bastante renombre a lo largo del siglo XXI, principalmente. Aunque se ha de admitir que los orígenes de este movimiento eran más que justos, es evidente que, hoy en día, se promueve un distanciamiento de las ciencias y una reflexión interior de uno mismo. Si aceptamos sus definiciones de “género” como algo fluido, similar a un espectro, es obvio que el género gramatical binario que posee el español es insuficiente para lograr esta representación acertada de la realidad, pues, aunque la cifra es pequeña en comparación con el cómputo poblacional total, se estarían dejando de lado ciertos individuos. Y en un mundo donde lo último que se quiere es la exclusión, esto es inadmisiblemente socialmente.

Así pues, se buscan miles de maneras para la inclusión, pero se nos olvidan (o se nos ocultan) ciertos datos muy importantes. La teoría de género es, en su gran mayoría, incorrecta. Puesto que no es uno de los objetivos del proyecto esta temática psicológica ni su debate abierto, se van a esbozar varios conceptos que merecen ser analizados por separado. Debo mencionar el documental “*What Is A Woman?*” (publicado en 1 de junio de 2022, el primer día del Mes del Orgullo. Es accesible desde la página web de The Daily Wire, pero estuvo gratuito en Twitter, de donde rápidamente se quitó y censuró debido a la influencia de terceros partidos), de Matt Walsh. En este documental, se hace un recorrido a través de diferentes opiniones de expertos (y “expertos”) con el fin de destapar la cruda verdad que se encuentra en este movimiento. Esta teoría de género se basa en experimentos atroces realizados en el siglo XX por parte de pederastas que se hacían la de doctores. Desde la infame “*Tabla 34*” de Alfred Kinsey, quien defendía que los niños eran sexuales desde nacimiento (en esta tabla, se mostraban los diferentes orgasmos que ocurrían en infan-

tes, algunos hasta menores de un año). O el experimento de John Money, quien defendía que los niños eran de género neutro (de ahí el término «theyby» que se usa hoy en día), lo que ha desembocado hoy en que a los niños se les “asigna” un género que puede no alinearse con su identidad. Aunque no mencionado en el documental, me parece relevante mencionar el origen del término cis (apócope de «cisgénero»). El término es acuñado por Volkmar Sigusch (1991), sexólogo alemán que propuso «cisexual» (*ahora políticamente correcto, cisgénero*) como antónimo de «transsexual» (*ahora políticamente correcto, transgénero*). Aunque es recordado como un pionero del movimiento LGTB, trató sobre temas pedófilos que, en conclusión, distinguía entre depredadores que actúan (*pedófilos*) y esos que no (*pedosexuales, hoy en día, se hacen llamar MAPs o Minor Attracted Persons*). Tras investigar sobre esta teoría psicológica sobre el género, es difícil no prestar atención al gran peligro que supone para los jóvenes, enfatizado por un contagio social, una especie de “moda”, incluso. De manera natural, existe una condición, disforia de género, que supone una intensa infelicidad con el cuerpo de uno mismo (Fisk, 1974). Aunque afecta alrededor de entre 0.00003% y 0.00001% de la población (Grossman, 2023), ha habido un considerable aumento en la juventud trans (además de otras identidades sexuales) (New York Times, 2022). Este contagio social se debe a varios factores, pero entre ellos encontramos la muy desproporcionada representación de estos colectivos en redes sociales (Dylan Mulvaney, un icono *trans*, es uno de los *influencers* más seguidos en TikTok, superior de los 10 millones). Para citar una oración mencionada en el documental, dicha por un varón *trans* en de-transición (el proceso por el cual, tras un arrepentimiento por la transición quirúrgico-hormonal, se intenta, fútilmente, volver al estilo de vida anterior), Scott Newgent: “It got me at 42. Your child doesn’t have a chance.” (“*Me pilló a los 42. Tu niño no tiene ni una oportunidad.*” - traducción propia). En resumen, este movimiento busca un daño irreversible a las generaciones más jóvenes, desembocando en la mayoría de casos en el suicidio tras la transición, además de varias complicaciones médicas y la mutilación y castración de órganos totalmente funcionales. Hacia el final del documental, Matt Walsh realiza un discurso frente a un claustro:

“I would thank you all for allowing me to speak to you tonight but you tried not to allow it, yet here I am. Now, you only give us sixty seconds so let me get to the point: You are all child abusers. You prey upon impressionable children and indoctrinate them into your insane ideological cult. A cult which holds many fanatical views but none so deranged as the idea that boys are girls and girls are boys. By imposing this vile nonsense on students to the point of even enforcing young girls to share locker rooms with boys, you deprive these kids of safety and privacy and something more fundamental, too, which is truth. If education is not grounded in truth, then it is worthless. Worse, it is poison. You are poison. You are predators. I can see why you try to stop us from speaking, you know that your ideas are indefensible. You silence the opposing side because you have no argument. You can only hide under your beds like pathetic, little, gutless cowards hoping we’d shut up and go away. But we won’t. I promise you that.” (*alrededor de 1h20*)

(“Les agradecería por permitirme hablarles esta noche pero intentaron no permitirlo, pero aquí estoy. Bien, solo nos dan sesenta segundos así que permítanme ir al grano: Son abusadores infantiles. Depredan de niños impresionables y los adoctrinan en su demente culto ideológico. Un culto que mantiene muchas visiones fanáticas pero ninguna tan trastornada como la idea de que los chicos son chicas y las chicas son chicos. Al imponer este vil sinsentido en estudiantes hasta el punto de obligar a chicas jóvenes a compartir baños con chicos, privan a estos niños de seguridad y privacidad y de algo más fundamental también, la verdad. Si la educación no se funda en la verdad, luego no tiene valor. Peor aún, es veneno. Ustedes son veneno. Son depredadores. Puedo ver porqué intentan hacer que no hablemos, saben que sus ideas son indefendibles. Silencian a la oposición porque no tienen argumento. Solo pueden esconderse bajo sus camas como pequeños patéticos cobardes esperando que nos callemos y nos vayamos. Pero no lo haremos. Les prometo eso.” - traducción propia)

La identidad de género es sensible y, pese a las pruebas biológicas y psicológicas que se puedan presentar ante una persona no binaria, normalmente niegan la realidad. La disforia de género se suele manifestar como síntoma de otros patógenos mentales más impactantes (depresión, sociopatía...) (Dhejne et al., 2016), por lo que las personas que lo sufren tienen una reacción inestable cuando se

les llama por un pronombre que no es el “suyo”. Por este motivo, hasta la Real Academia Española apoya el respeto de su identidad en la medida de lo posible en las relaciones interpersonales. En cuanto al discurso político, se defiende que, para ser fieles a lo que es la realidad, se usen términos correctos.

Aunque el tópico de identidades sexuales no binarias (*trans, no-binario, agénero, bigénero...*) puedan ser puestos en evidencia como un contagio social causado por la manipulación de las mentes menos desarrolladas, existe una casuística que supone una oposición mucho más interesante, biológicamente hablando, e incluso nos puede hacer cuestionar si la biología humana es de sexo binario o trinario. Bien, se trata de las personas que son *intersex* (término acuñado por Goldschmidt, 1917), personas que están, como su nombre indica, entre el género masculino y el femenino. Bien, si esto es cierto y tratamos con un (aunque poco común) tercer sexo en nuestra biología, se puede argumentar que el lenguaje deba mutar para albergar este error a la hora de representar la realidad. Anteriormente, a estas personas se les llamaba «hermafrodito». El cambio se debe a que este término no era completamente acertado para describir las características de este fenómeno. Indaguemos en la historia de esta palabra.

«Hermafrodito», en su origen, deriva del nombre de una deidad griega clásica, Ἑρμαφρόδιτος (*esto es una ocurrencia común en el lenguaje científico, véanse los elementos de la tabla periódica*). El nombre es una fusión de los nombres de Afrodita (diosa de la belleza) y Hermes (dios de los mensajeros), quienes tuvieron un encuentro extramarital y engendraron al niño Hermafrodito. Este emprende en un viaje hasta llegar a una poza donde vive la ninfa Salmacis, quien locamente se enamora de él. Tanto que, cuando Hermafrodito se introduce en la poza, Ovidio narra:

“Perstat Atlantiades sperataque gaudia nymphae denegat; illa permit comissaque corpore toto sicut inhaerebat, “pugnes licet, improbe,” dixit, “non tamen effugies. Ita, di iuebeatis, et istum nulla dies a me nec me deducat ab isto.” Vota suos habuere deos; nam mixta duorum corpora iunguntur, faciesque inducitur illis una. Velut, si quis conducatur cortice ramos, crescendo iungi parterque adolescere cernit, sic ubi complexu coierunt membra te-

naci, nec duo sunt et forma duplex, nec femina dici nec puer ut possit, neutrumque et utrumque videntur.” (*Metamorfosis* de Ovidio, Libro IV, versos 368-373)

(*Permanece el Atlántide [Hermafrodito] y deniega a la ninfa su esperado goce; ella lo abraza y unida con todo el cuerpo así como si se adheriera “Puedes luchar, insensato” - dijo - “pero no huyas. Y así, como ordenéis los dioses, que ningún día me aleje de este ni este se aleje de mí.” Sus votos llegaron a sus dioses; pues se juntan los cuerpos mezclados de ambos y los muestra una sola faz. Como si cualquiera que reúne las ramas en una corteza, ve que al crecer se unen y se desarrollan a la vez, así cuando los miembros se apretaron en un fuerte abrazo, ni son dos sino forma doble, de manera que ni puede decirse mujer ni varón, ni uno ni otro y el uno y el otro se ven. - traducción propia*)



Figura 3. Hermafrodito durmiente de Bernini, 1620

Fuente: Historia del Arte

La figura del hermafrodito persiste en la cultura humana, podemos verlo en *La República* de Platón e incluso en la tradición alquimista (Chinchilla, 1995), pero durante la mayoría del transcurso humano, el hermafroditismo se ha visto como una anomalía aberrante (Cleminson y Doménech, 2004). No sería hasta el siglo XIX cuando se comienza a investigar el fenómeno de forma científica, creyéndose como un posible tercer sexo que albergaba órganos reproductivos masculinos y femeninos. La anomalía biológica tenía su clasificación según las características visuales del espécimen: Existen los hermafroditas andróginos (ἄνδρ,

άνδρός =varón + γυνή, γυναικός=mujer), que poseían órganos masculinos; hermafroditas ginandros (γυνή, γυναικός=mujer + άνεο, άνδρός =varón), de órganos femeninos; y, los más infrecuentes, hermafroditas epícenos o “verdaderos”, que poseían órganos de ambos sexos (Mata, 1866). Ya es en el siglo XIX cuando, gracias a las maravillas de la medicina moderna, se puede determinar el sexo verdadero de un hermafrodito a través de unos marcadores microscópicos (Clemenson y Doménech, 2004). Entonces, el cambio hacia el término «intersex» se debe a que no existió, ni existirá, ningún humano que tenga órganos del macho y de la hembra, es decir, que pueda preñar y ser preñado. Estas características se dan en algunos animales, verbigracia el caracol, pero el ser humano no está entre ellos. Esta es incluso la acepción que le da la Real Academia Española: “1. 'Que tiene los dos sexos'.”

Este pequeño inciso sobre el hermafroditismo se ha hecho (no solo para deleitarnos con Ovidio) por un motivo. Resulta que, al intentar remover del uso un término erróneo («hermafrodito»), se ha creado otro que también es erróneo («intersex»). Esto se debe a varios motivos sociológicos que ahora explicaremos.

Ya nos advirtieron renombradísimas mentes sobre la identidad del ego. La sociedad occidental padece una tradición individualista importante, donde el uno es lo más importante y el resto, si nos conviene, también; y si no, no tanto. No conformes con la biología, la lingüística y la historia, adentrémonos también en la filosofía.

En la *Ética a Nicómaco*, el filósofo griego defiende que la causa final, el motivo de existencia del ser humano es la *εὐδαιμονία*, la felicidad. Aristóteles le da un valor mucho más intelectual, defendiendo la necesidad del desarrollo de ciertas virtudes (o capacidades) para llegar a ser posible esta felicidad personal. Aún así, concibiendo la ética y la política como “ciencias prácticas” ambas, dotaría él de más importancia a la última, pues esta buscaba un bien común mientras que la ética se centraba en el bien personal. Es más, Aristóteles veía que el motivo de deterioro de los regímenes políticos se daba a través de la obviación del bien común y la fijación por el bien personal, el beneficio propio.

Con el tiempo, estas ideas filosóficas se fueron tergiversando hasta la sociedad actual, donde parecemos vivir

dentro de nuestras propias burbujas. En su *El mundo como voluntad y representación*, Schopenhauer lo trata como una constante reivindicación del “yo” (1818), dejando de lado al resto y, aún más, si nos obstaculizan este proceso de identidad personal. El término «Generación de Cristal» (acuñado por Montserrat Nebrera) tiene un fundamento en la verdad, pues estamos en un proceso de obviar básicos hechos científicos con el fin de diferenciarnos del vulgo. Existimos en un constante victimismo y no sabemos distinguir entre características de la personalidad y patologías psicológicas (Peterson, 2022). Tal es el problema que ni respetamos los Derechos Humanos más básicos del hombre:

“Todo individuo tiene derecho a la libertad de opinión y de expresión; este derecho incluye el de no ser molestado a causa de sus opiniones, el de investigar y recibir informaciones y opiniones, y el de difundirlas, sin limitación de fronteras, por cualquier medio de expresión.” (Naciones Unidas, 1948)

Hoy en día, todo tiene su etiqueta. Cuando algo no nos parece, rápidamente queremos silenciar a esa persona, censurando su expresión y tachando a diestro y siniestro de «machistas», «homófobos», «tránsfobos», «fachas», «neo-nazis»,... cuando se oponen (a veces con argumentos, no desde el odio) a otro repertorio de etiquetas como «trigénero», «transmasculino», «therian», «bicurioso», «two-spirited», «queer», «asexual», «arromántico», por decir algunos (el completo acrónimo de LGTB sigue expandiéndose, de ahí el «+»). Todo este lenguaje no tiene sus raíces de un movimiento social y, por ende, afecta a la lengua; se trata de una narrativa política que busca una desmaterialización de la lengua. Así dicen renombrados expertos en el tema:

Arturo Pérez-Reverte, escritor y académico en The Wild Project, 2022

Jordi Wild, moderador: ¿Qué pasa con el lenguaje inclusivo? ¿Qué es lo que no te gusta?

Pérez-Reverte, invitado: “La lengua es una herramienta. Yo escribo novelas. Y antes era periodista. Yo usaba la lengua, el idioma lo usaba como forma. Mi herramienta laboral es el lenguaje. Necesito que mi lenguaje, que mi herramienta laboral esté [...], necesito que sea perfecto. Para expresarme bien, con eficacia. Necesito ser eficaz, contar mis historias

con eficacia. Si me dice una señora [...] que yo debo decir «todas, todos y todes» en una obra mía, yo no puedo escribir una novela así, ni un artículo. No puedo hacer eso. Porque eso me impide expresarme. [...] Yo no puedo transformar el lenguaje para agradar a una lectura política del lenguaje. Lectura política que tiene mucha razón, por supuesto. [...] Eso es una cosa, otra cosa es que el lenguaje que utilizo para contar cosas me lo quieran contaminar de eso. [...] La lengua debe evolucionar. [...] Pero evoluciona por el uso. [...] Cuando al final la gente diga «todes» dentro de medio siglo, pues se dirá «todes». Pero es que en este momento no lo dice la gente. Y como no lo dice la gente, yo no voy a - ni en mi novela, ni en mis artículos - escribir así. [...] O sea, me burlo, me río, critico y me aparto de eso. ¿Pero eso qué tiene que ver? [...] Pero no, ahora es el siglo de las mujeres. Ahora, los personajes femeninos están evolucionando. Es fascinante. [...] Pero no porque yo escriba «todes», no voy a - Al contrario, la estupidez retrasa el combate justo y necesario que el verdadero feminismo debe hacer.”

Juan Manuel de Prada, escritor y articulista, en el V Foro de la Cultura, 2022

“Lenguaje inclusivo siempre ha existido, es decir, cuando [...] hace tiempo siempre se iniciaba «Damas y caballeros». ¿Por qué? Porque ahí querías establecer claramente, hacer un énfasis en que te estabas dirigiendo a todos de verdad. [...] Hay un pasaje muy curioso en el *Poema de Mío Cid* [...]: «*Mío Çid Roy Díaz por Burgos entroví, en sue compaña sessaenta pendones; exien lo veer mugieres e varones, burgeses e burgesas por las finiestras sone*» (*Mío Cid Roy Díaz por Burgos entró, en su compañía sesenta pendones; lo salen a ver mugieres y varones, burgueses y burguesas por las ventanas salieron - traducción propia*). Eso ha existido siempre como recurso retórico del lenguaje para enfatizar algo. Cuando eso se convierte en algo rutinario, lejos de ser inclusivo, por el contrario, creo que es excluyente. [...] En el fondo yo creo que eso es un acto fallido, a parte de un forzamiento de un lenguaje monstruoso. [...] Creo que es completamente contraproducente. [...] Yo creo que también la mejor manera de borrar esas fronteras o esas casillas es que asumamos con naturalidad que las mujeres, [...] la mejor manera de considerarlas es integrarlas en el «todos» y que no necesariamente tenemos que estar diciendo todo el rato «españoles y españolas», «vallisoletanos y vallisoletanas» porque, a parte

de ser un poco ridículo, creo que contribuye precisamente a establecer guetos lingüísticos.”

Y como estas opiniones, muchos otros eruditos de la lengua comparten visiones parecidas. El lenguaje inclusivo es un tema muy polémico, sujeto a las identidades y los sentimientos de uno mismo. Pero detrás de ello, se mueven unos hilos políticos que abogan por la separación y el odio, creando nuevos términos (etiquetas) para que la izquierda y la derecha política, en un récor histórico de nula cooperación, se distancie aún más.

6. CONCLUSIONES

El lenguaje inclusivo se trata de una propuesta lingüística con el fin de unir y representar el mayor número de personas, no importe su situación. En cuanto a las propiedades lingüísticas y la indagación en lo relativo a los campos de la historia, etimología y evolución del lenguaje, es fácilmente demostrable que el concepto de lenguaje inclusivo como tercer (o cuarto) género gramatical no sostiene ningún rigor comunicativo. Se ha demostrado que la lengua española, de hecho, consta con varias herramientas para lidiar con la cuestión inclusiva (de los géneros femenino y masculino), comparándola así con otras lenguas indoeuropeas. A través de un análisis de las características del género neutro gramatical y el fenómeno de flexión genérica en las lenguas modernas y clásicas, se comprueba que el lenguaje inclusivo falta en cuanto a la forma, es decir, las marcas de género no son las que se cree de manera popular que son. Acudiendo a expertos, se presenta que el lenguaje inclusivo, además de otras iniciativas como la teoría de género o el feminismo de diversidad, son un residuo político con fines antitéticos a la cooperación. Si, como proceso lingüístico natural, el lenguaje inclusivo termina apareciendo en nuestro lexicón, se adoptará como parte del lenguaje dado que los hablantes así lo han requerido. Pero hoy en día, debido al influjo político, no hay una suficiente demanda por parte de los hablantes para que la lengua lo oferte.

En una oración, el lenguaje inclusivo carece de las cualidades lingüísticas necesarias para ser investigado como algo más que una creación política.

7. DEFENSA ORAL

Para la publicación de este ensayo en 2024, ya se habrá realizado una defensa oral en el Instituto de Educación Secundaria de Guadarrama. En esta presentación, se defenderá ante un claustro una serie de puntos que deseo tratar sobre este proyecto. Asimismo, si la situación lo requiere, se responderán a diferentes preguntas que los allí presentes podrán tener. Como siempre, acudiendo al pensamiento lógico y buscando un punto de encuentro común donde ambas ideas puedan coincidir y nutrirse las unas de las otras.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aristóteles. (1985). *Ética a Nicómaco* (E. Lledó Íñigo, Ed.; J. Pallí Bonet, Trans.).
- Bohdziewicz, O. S. (2013). La pérdida del sistema de casos en la lengua latina: algunas propuestas explicativas de los siglos XX-XXI. Pontificia Universidad Católica Argentina.
- Bornstein, K. (21/JUL/2023). *LGBTQIA Resource Center Glossary*. LGBTQIA Resource Center. Consultado en: 25/SEP/2023
- Brauer, M., & Landry, M. (2008). Un ministre peut-il tomber enceinte ? L'impact du générique masculin sur les représentations mentales. *Persée*.
- Cambridge Dictionary. (s.f.). Entrada nº1 de <<Neologism>>. Consultado en: 20/AUG/2023
- Cardelli, M. (2018). La reacción conservadora. Algunas preguntas teóricas en torno al debate sobre el plural del español y la aparición de la "e" como práctica del lenguaje inclusivo en Argentina. *Revistas Científicas Universidad Surcolombia*.
- Casero Nuño, A. (2022). *El Fuero de Uclés: Edición parcial, traducción y estudio lingüístico*. Universidad Complutense de Madrid.
- Castell, A. (1997). *Gramática de la lengua alemana*. Ed. Idiomas.
- ChatGPT 3.5. (10/DEC/2023). Promover lectura para todos. OpenAI. Consultado en: 10/DEC/2023
- Chinchilla Sánchez, K. (1995). La tradición mítica del hermafrodito o andrógino en la Antigüedad y la Edad Media. *Filología y Lingüística XXI*.
- Cleminson, R., & Doménech, R. M. (2004). ¿Mujer u hombre? Hermafroditismo, tecnologías médicas e identificación del sexo en España, 1860-1925. *Revistes Catalanes amb Accés Obert*.
- (s.a.) Comisión de Sanidad y Consumo. (27/JAN/2021). Congreso de los Diputados. Consultado en: 18/NOV/2023
- Cortés Burgos, S. (2023). El uso de los neopronombres como una forma de reafirmar la identidad de género: Un acercamiento a la red social TikTok. Pontificia Universidad Javeriana de Colombia.
- Cortés Rodríguez, L. (2019). "Sobre conflictos y argumentaciones", *El habla nuestra de cada día: 102 reflexiones sobre buenos y malos usos de nuestro idioma*.
- Costil, C. (17/NOV/2023). *Ecriture inclusive et handicap : pourquoi ça dérange ? Handicap*. Consultado en 27/NOV/2023
- Dehjne, C., Van Vlerken, R., Heylens, G., & Arcelus, J. (2016). *Mental health and gender dysphoria: A review of the literature*. National Library of Medicine.
- De Nebrija, A. (1492). *Gramática de la lengua castellana*.
- Elmiger, D. (2015). Masculin, féminin: et le neutre? Le statut du genre neutre en français contemporain et les propositions de « neutralisation » de la langue.
- Felipe VI. (24/DEC/2022). Mensaje de Navidad de Su Majestad el Rey 2022. Casa de Su Majestad el Rey. Consultado en: 14/NOV/2023
- Franco, F. (17/JUL/1936). Manifiesto del General Franco al iniciarse el movimiento militar (J. Álvarez Sánchez, Ed.). Ministerio de Educación y Cultura de España.
- Ghorayshi, A. (10/JUN/2022). Report Reveals Sharp Rise in Transgender Young People in the U.S. *The New York Times*.
- Goldschmidt, R. (1917). *Intersexuality and the Endocrine Aspect of Sex*.
- Gutiérrez Aja, M. d. C., & Riaño Rodríguez, T. (Eds.). (s.f.). *Poema de Mio Cid*. Consultado en: 4/DEC/2023
- Hakanen, L. (2021). "Let xir do whatever xe wants" A corpus study on neopronouns ze, xe and zie. Tampere University.
- Handabura, O. (2020). *Social Media Neologisms in Contemporary English of Social Networks: a Case of Facebook and Twitter Language*. National Library of Ukraine.
- Harvey, L. (2012). *Social Research Glossary*. Quality Research International.
- Hüetlin, T., & Voigt, C. (11/MAR/2011). Sexologist Volkmar Sigusch: 'Our Society is Still Ignorant about Sex'. *Spiegel*. Consultado en: 18/AUG/2023
- Jordi Wild (Director). (10/MAR/2022). *The Wild Project #122 ft Arturo Pérez-Reverte | Lenguaje inclusivo, Su vida como reportero de guerra [Film]*. The Wild Project. Consultado en: 6/DEC/2023
- Krahe, H. (1977). *Lingüística germánica*. Cátedra.
- Lauscher, A., Nozza, D., Crowley, A., Miltersen, E., & Hovy, D. (2023). What about em? How Commercial Machine Translation Fails to Handle (Neo-)Pronouns. Cornell University.

- Manoliu Manea, M. (1970). ¿Qué es el neutro español? Análisis estructural del pronombre neutro. *Revue roumaine de linguistique*.
- Mantran, N. (24/JAN/2019). Écriture inclusive et expérience utilisateur-riche : de la tentative à la tendance. *Medium*. Consultado en: 14/OCT/2023
- Marcus, E. (08/APR/2021). What Are Neopronouns? *The New York Times*.
- Mariner, S. (1973). Situación del neutro románico en la oposición genérica. *Sociedad Española de Lingüística*.
- Martín Barranco, M. (2019). Ni por favor ni por favora: cómo hablar con lenguaje inclusivo sin que se note (demasiado). *Catarata*.
- Mata, P. (1866). Tratado de medicina y cirugía legal teórica y práctica: seguido de un Compendio de toxicología T. 1. *Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico*.
- McArthur, T. (1990). *English Today: The International Review of the English Language*. Cambridge University Press.
- Mendívil Giró, J. L. (2019). El masculino inclusivo en español. *Revista Española de Lingüística*.
- Miltersen, E. (2016). Nounself pronouns: 3rd person personal pronouns as identity expression. *Det Kgl. Bibliotek*.
- Naciones Unidas. (1948). *Declaración Universal de los Derechos Humanos*.
- Naciones Unidas. (2019). Lenguaje inclusivo en cuanto al género. Consultado en: 5/AUG/2023
- National Institutes of Health. (s.f.). *Inclusive and Gender Neutral Language*. U.S. Department of Health and Human Services. Consultado en: 20/OCT/2023
- Nebrera, M. (20/MAY/2021). Generación cristal. *El Nacional*. Consultado en: 9/SEP/2023
- Ovidio Nasón, P. (s.f.). *Metamorfosis* (A. Pérez Vega, Trans.; Vol. IV, v.: 368-373).
- Platón. (1988). *Crátilo* (Universidad Nacional Autónoma de México, Trans.).
- Real Academia Española. (01/JUL/2019). Consultas de la semana (24-30 de junio). *Diccionario panhispánico de dudas*. Consultado en: 27/OCT/2023
- Real Academia Española. (2020). Entrada sobre <<Elle>> (ya no accesible). Consultado en: 10/DEC/2023
- Real Academia Española. (20/JAN/2020). Informe de la Real Academia Española sobre el lenguaje inclusivo y cuestiones conexas.
- Real Academia Española. (s.f.). Entrada nº1 de <<Hermafrodita>>. *Diccionario de la lengua española*. Consultado en: 18/OCT/2023
- Real Academia Española. (s.f.). Entrada nº1 de <<Heterónimo, ma>>. *Diccionario de la lengua española*. Consultado en: 14/DEC/2023
- Real Academia Española. (s.f.). Entrada nº1 de <<Opinión>>. *Diccionario de la lengua española*. Consultado en: 24/AUG/2023
- Real Academia Española. (s.f.). Entrada nº2 de <<Género>>. *Diccionario panhispánico de dudas*. 30/SEP/2023
- Real Academia Española. (s.f.). Entrada nº7 de <<Analogía>>. *Diccionario de la lengua española*. 15/SEP/2023
- Reimann, M. (1996). *Grundstufen-Grammatik für Deutsch als Fremdsprache: Schlüssel*. Hueber.
- Rodríguez Díez, B. (2005). *Del latín al español: los nuevos géneros del romance (I)*. Universidad de León.
- Ruiz de Aguirre, A. (2019). *Sintaxis Tradicional: Para Alérgicos a la Sintaxis*.
- Ruiz de Aguirre, A. (2022). *Novísima sintaxis: 3.ª edición de Nueva sintaxis*.
- Sánchez, P. (15/NOV/2023). Discurso de investidura del candidato a la presidencia del Gobierno ante el Congreso de los Diputados. *La Moncloa*. Consultado en: 18/NOV/2023
- Schopenhauer, A. (2004). *El mundo como voluntad y representación* (P. López de Santa María, Trans.). Trotta.
- Sesión Especial. (03/SEP/2022). *Honorable Cámara de Diputados de la Nación Argentina*.
- Skrzypek, D., Priotowska, A. & Jaworski, R. (2021). *The Diachrony of Definiteness in North Germanic*. Adam Mickiewicz University.
- Stoller, R. J. (1968). *Sex and Gender: The Development of Masculinity and Femininity*. Maresfield Library.
- UCDenver. (s.f.). Resources for using “they” as a singular pronoun. *University of Colorado*.
- UNC Greensboro. (s.f.). *Neopronouns Explained*.
- Väänänen, V. (1967). *Introducción al latín vulgar* (M. Carrión, Ed.). Editorial Gredos, S.A.
- V FORO DE LA CULTURA | Feminismo: nuevos tiempos, nuevos rumbos [Film]. (28/JAN/2022). Consultado en: 4/DEC/2023
- What Is A Woman? (Matt Walsh, Writer) [Film]. (1/JUN/2022). *The Daily Wire*. Consultado en: 17/AUG/2023
- The White House. (31/MAR/2022). *FACT SHEET: Biden-Harris Administration Advances Equality and Visibility for Transgender Americans*. Consultado en: 6/AUG/2023

9. ANEXOS

ANEXO I - Formulario sobre el género inclusivo

Plantilla del formulario:

Saludos, soy Álvaro Moreno de B1C. Estoy llevando a cabo un Trabajo de Investigación sobre el lenguaje inclusivo y su posible relación con el lenguaje sexista. Para esto, me gustaría saber cuáles de los términos que veréis os chirrían u os suenan mal en el oído. Os aconsejo no leer mucho las palabras y responder nada más leer las opciones. Si lo leéis mucho, os van a empezar a sonar todas mal.

Pregunta I. Género

- Masculino
- Femenino
- Deseo no especificar

Pregunta II. ¿Qué términos has oído?

- El presidente
- La presidente
- La presidenta

Pregunta III. ¿Cuáles de estos términos te suenan bien?

- El gerente
- La gerente
- La gerenta

Pregunta IV. ¿Cuál es correcto?

- El prostituto
- La prostituta

Pregunta V. ¿Cuál es correcto?

- El ninfómano
- La ninfómana

Pregunta VI. ¿Qué término has oído más?

- El amo de casa
- El ama de casa

Pregunta VII. ¿Qué término te parece incorrecto?

- El misógino
- La misógina

Pregunta VIII. ¿Qué oración te suena mejor?

- El miembro desertó
- La miembro desertó

Pregunta IX. ¿Crees que “pariente/parienta” existe?

- Sí. Pariente y parienta
- No. Pariente

Pregunta X. ¿Qué usas más a menudo?

- El médico

- La médico
- La médica

Pregunta XI. ¿Tú qué dirías?

- Él abrió la puerta
- Ella abrió la puerta
- Ello abrió la puerta

Pregunta XII. Para referirte a un grupo de chicos, usarías...

- Hola, chicos
- Hola, chicas

Pregunta XIII. Para referirte a un grupo mayoritariamente de chicos, usarías...

- Hola, chicos
- Hola, chicas
- Hola, chicos y chicas
- Hola chicas y chicos

Pregunta XIV. Para referirte a un grupo de chicos y chicas, usarías...

- Hola, chicos
- Hola, chicas
- Hola, chicos y chicas
- Hola chicas y chicos

Pregunta XV. Para referirte a un grupo mayoritariamente de chicas, usarías...

- Hola, chicos
- Hola, chicas
- Hola, chicos y chicas
- Hola chicas y chicos

Pregunta XVI. Para referirte a un grupo de chicas, usarías...

- Hola, chicos
- Hola, chicas
- Dirías ‘chicos’ y rápidamente te corregirías a ‘chicas’

Pregunta XVII. ¿Crees que la lengua española es sexista, favoreciendo al género masculino?

- Sí
- No

Pregunta XVIII. ¿Alguna vez has sentido la necesidad de un término neutro que englobara todo?

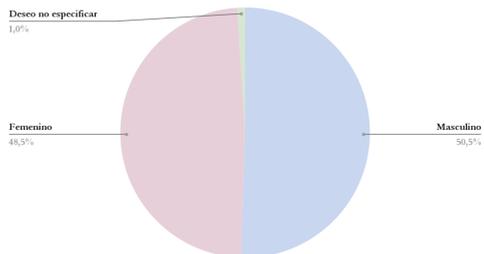
- Sí, a menudo
- Rara vez
- En absoluto

Pregunta XIX. ¿Qué piensas de ‘elle’, el término neutro por ahora propuesto?

- Positivamente
- Me es igual
- Lo ignoro
- Negativamente

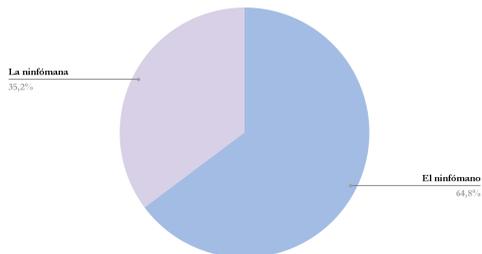
Pregunta I. Género

99 respuestas



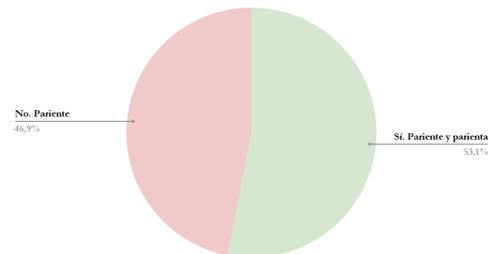
Pregunta V. ¿Cuál es correcto?

88 respuestas



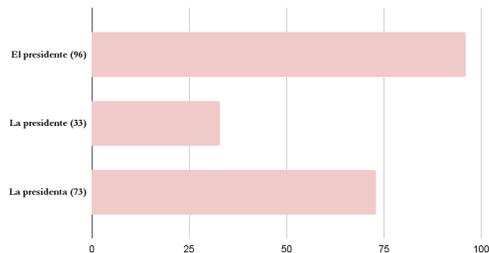
Pregunta IX. ¿Crees que “pariente/parienta” existe?

98 respuestas



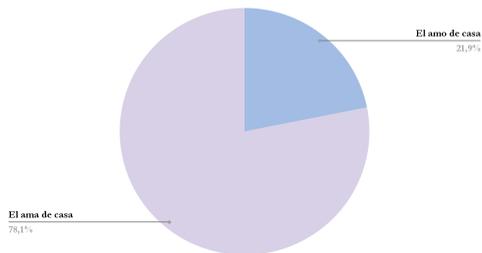
Pregunta II. ¿Qué términos has oído?

99 respuestas



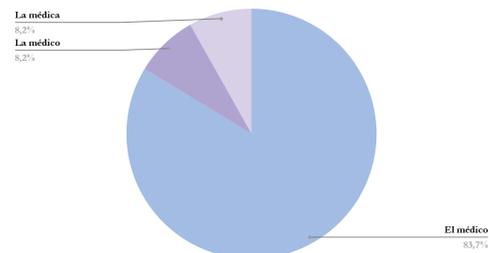
Pregunta VI. ¿Qué término has oído más?

96 respuestas



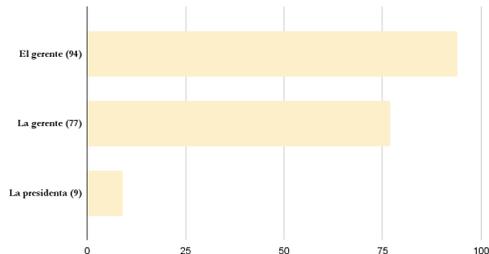
Pregunta X. ¿Qué usas más a menudo?

98 respuestas



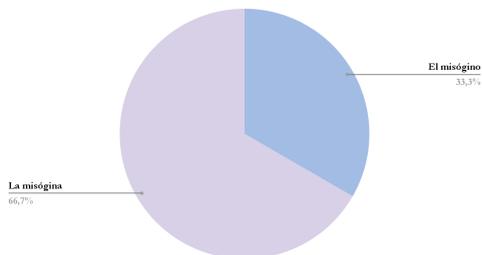
Pregunta III. ¿Cuáles de estos términos te suenan bien?

99 respuestas



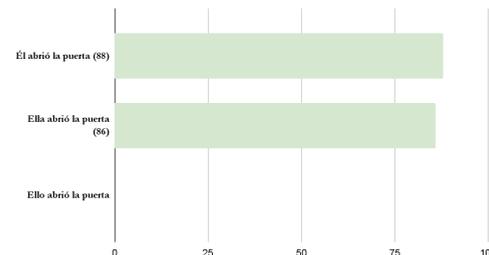
Pregunta VII. ¿Qué término te parece incorrecto?

90 respuestas



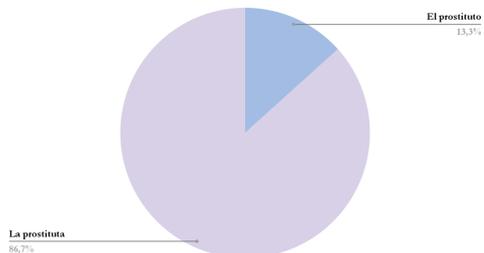
Pregunta XI. ¿Tú qué dirías?

98 respuestas



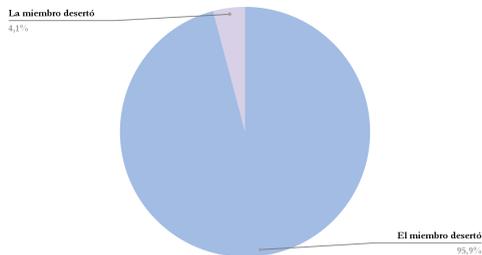
Pregunta IV. ¿Cuál es correcto?

90 respuestas



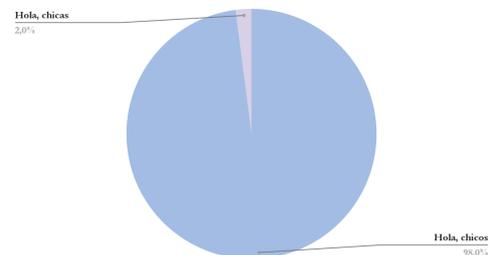
Pregunta VIII. ¿Qué oración te suena mejor?

97 respuestas



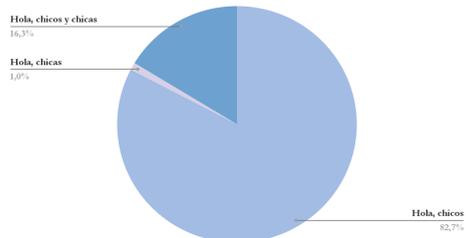
Pregunta XII. Para referirte a un grupo de chicos, usarías...

98 respuestas



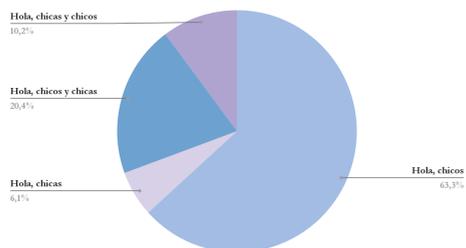
Pregunta XIII. Para referirte a un grupo mayoritariamente de chicos, usarías...

98 respuestas



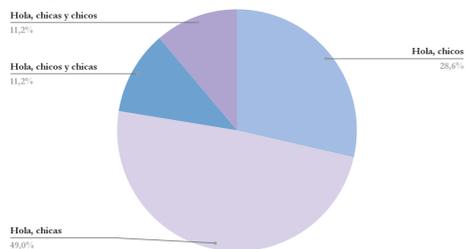
Pregunta XIV. Para referirte a un grupo de chicos y chicas, usarías...

98 respuestas



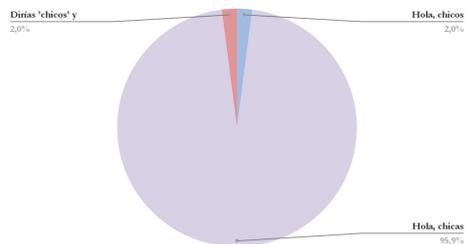
Pregunta XV. Para referirte a un grupo mayoritariamente de chicas, usarías...

98 respuestas



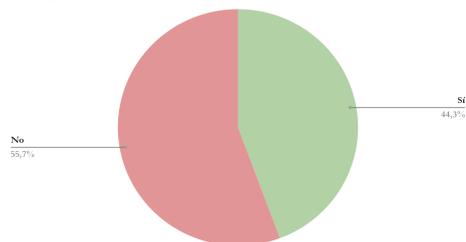
Pregunta XVI. Para referirte a un grupo de chicas, usarías...

98 respuestas



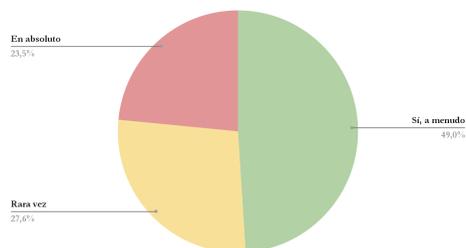
Pregunta XVII. ¿Crees que la lengua española es sexista, favoreciendo al género masculino?

97 respuestas



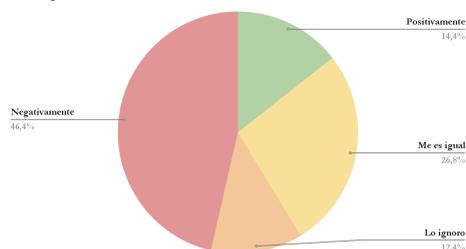
Pregunta XVIII. ¿Alguna vez has sentido la necesidad de un término neutro que englobara todo?

98 respuestas



Pregunta XIX. ¿Qué piensas de 'elle', el término neutro por ahora propuesto?

97 respuestas



**EL MICROCHIP Y LA GEOPOLÍTICA:
REPERCUSIÓN DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL MICROCHIP
EN LAS RELACIONES POLÍTICAS ENTRE NACIONES.**

Marcos Pavón Marqués

Tutora: Paola Pucci

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora, Paola Pucci, por ayudarme continuamente y ofrecer apoyo durante la totalidad de la escritura de este proyecto.

A mis seres queridos, por brindarme ánimo y apoyo incondicional a lo largo del camino.

Al IES Guadarrama, por otorgar a sus estudiantes la oportunidad de adentrarse en el proceso de redacción propio de un trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	338
ABSTRACT	338
RÉSUMÉ	338
1. Introducción	339
1.1 Justificación	339
1.2 Hipótesis	339
1.3 Objetivos	339
- Objetivos específicos	339
- Objetivos generales	339
2. Metodología	339
2.1 Tipo de investigación	340
2.2 Proceso metodológico	340
3. Marco Teórico	340
3.1 El transistor	340
3.1.1 Composición y fabricación	340
- Materiales semiconductores y dopajes	340
- El diodo	341
- Funcionamiento y propiedades del transistor	341
3.1.2 Ley de Moore	342
3.2 El microchip	343
3.2.1 Historia	343
3.2.2 Importancia de la composición del microprocesador	343
3.2.3 Composición técnica y fabricación del microchip	345
- Litografía	345
- “Chemical Mechanical Planarization” (CMP)	346
4. Recogida y análisis de datos	346
4.1 Producción de microchips a nivel mundial	346
4.2 China y la producción de microchips	347
4.3 Rúbrica	349
4.3.1 Regulaciones de U.S Dept. of Commerce Entity List	349
4.3.2 Regulaciones de exportación de galio y germanio de China	351
4.3.3 Veto en China de la empresa estadounidense Micron	352
4.3.4 Restricciones en la venta de equipamiento de proveedores en Países Bajos	352
5. Conclusiones	353
6. Limitaciones y próximas líneas de investigación	353
7. Referencias bibliográficas	354
8. Anexos	355

RESUMEN

En un mundo en el cual la industrialización tecnológica es de suma importancia, países con numerosos recursos esenciales para dicho proceso luchan por la dominancia del sector para aumentar su economía considerablemente. Esto, junto a la desinformación actual, hace que cada vez nos sea más difícil entender el método de funcionamiento de dicho sector del mercado. Es por ello que este trabajo pretende no sólo ofrecer una explicación acerca del funcionamiento del mercado de los microchips, sino también relacionar la producción y distribución de dichos productos con las relaciones entre potencias económicas mundiales, lo que puede llevar a la explicación de muchos sucesos y altercados entre dichas naciones. Además, adentrándose en un ambiente de divulgación, con la ayuda de gráficas y rúbricas visuales confeccionadas a partir de datos de fuentes confiables, se desarrollará la hipótesis preliminar del trabajo para la posterior llegada a las diferentes conclusiones. Adicionalmente, debido a la naturaleza técnica del proyecto, se llevan a cabo explicaciones técnicas sobre dispositivos y formas de producción tanto esenciales para la comprensión del proyecto como de carácter tecnológico y divulgativo.

Palabras clave: *microchip, microprocesador, mercado, semiconductor, industria, desarrollo, software, hardware.*

ABSTRACT

In a world in which technological industrialization is of great importance, nations with high amounts of resources that are essential in the previously mentioned process fight each other for dominance in the sector aiming to an important increase in their economies. This, together with nowadays' quick spread of false information, makes it harder for us to really understand the functioning of this sector in the market. This is the reason why not only does this project offer an explanation of the functioning of the microchip market, but it also aims to relate the production and distribution of these products with the relationships between economic world powers, which can lead to an explanation of different altercations between these nations. Furthermo-

re, diving deep into a divulgatory environment, with the help of different self-elaborated graphs and visual rubrics with trustful data, the preliminary hypothesis of this project will be developed, which will eventually drive us to the final conclusions. Additionally, due to the technical nature of the project, several technical explanations are carried out on devices and ways of production, both essential for the correct comprehension of the project and of a technological and informative nature.

Keywords: *microchip, microprocessor, market, semiconductor, industry, development, software, hardware.*

RÉSUMÉ

Dans un monde où l'industrialisation technologique est de grande importance, les pays avec de nombreuses ressources essentielles à ce processus se battent pour la domination du secteur afin d'augmenter considérablement leur économie. Ceci, combiné à la désinformation actuelle, rend de plus en plus difficile la compréhension du mode de fonctionnement du secteur du marché. C'est pourquoi ce travail vise non seulement à offrir une explication sur le fonctionnement du marché des micro-puces, mais également à mettre en relation la production et la distribution desdits produits avec les relations entre les puissances économiques mondiales, ce qui peut conduire à l'explication de nombreux événements et différends entre ces nations. En plus, en entrant dans un environnement de diffusion, à l'aide de graphiques et de rubriques visuelles réalisées à partir de données venant de sources fiables, l'hypothèse préliminaire du travail sera développée pour l'arrivée des différentes conclusions. De plus, en raison de la nature technique du projet, des explications techniques sont réalisées sur les dispositifs et les formes de production, à la fois indispensables à la compréhension du projet et à caractère technologique et informatif.

Mots-clés: *micro-puce, microprocesseur, marché, semi-conducteur, industrie, développement, software, hardware.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Hoy en día, somos capaces de ver noticias en nuestro hábito diario sobre disputas entre países y diferentes altercados. La mayoría de nosotros no se esfuerza en entender la razón por la que estos sucesos ocurren, pues simplemente asumimos el mal estado de las relaciones internacionales entre territorios. Pero, lo que se pretende demostrar en este proyecto es que la tecnología y el desarrollo de esta muchas veces es una razón de peso por la cual las relaciones diplomáticas entre naciones pueden verse afectadas negativamente. No solo eso, sino que los recursos necesarios para el desarrollo de la tecnología, sean naturales o de otro carácter, son utilizados estratégicamente por líderes mundiales debido a su importancia. Es por esto que la tecnología y su desarrollo es de suma importancia en cuanto a la política de hoy en día, y ocupa altos puestos en las hipotéticas listas de intereses particulares de muchos países en la actualidad.

1.2 Hipótesis

La hipótesis constituye un elemento motor de todas las investigaciones. Debido a la creciente tensión entre naciones por el dominio en amplios sectores del mercado de gran importancia, y teniendo constancia del constante crecimiento en el uso de nuevas tecnologías para la actualización y el desarrollo militar de las naciones, se plantea la siguiente hipótesis; “La distribución y/o fabricación de los microchips repercuten en las relaciones políticas y diplomáticas entre diferentes países y sus respectivas economías”. Este planteamiento se corroborará mediante la ejecución de la parte metodológica del trabajo de investigación, a ser explicada en los siguientes apartados.

1.3 Objetivos

— Objetivos específicos

- Demostrar la hipótesis preliminar, mediante los procesos o recursos detallados en el apartado metodológico a seguir durante el transcurso de éste.

- Dar a conocer la situación mundial actual acerca de la fabricación de los microchips y su importancia en las relaciones entre potencias económicas.

— Objetivos generales

- Ofrecer explicaciones de carácter técnico acerca del microchip y sus componentes principales y procesos de fabricación, plasmando así una intención divulgativa.
- Ofrecer, a lo largo del desarrollo metodológico del trabajo, un análisis porcentual del mercado a ser investigado para la posterior confirmación de la hipótesis preliminar.

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo una investigación, es imprescindible el uso de una metodología de análisis y discusión de datos. De esta manera, se podrá llevar a cabo el desarrollo y la comprobación de la hipótesis inicial. En este trabajo, se ha optado por el uso de la rúbrica numerada para llevar a cabo dicho proceso. Cabe destacar que se ha optado por este método debido a la escasez de datos numéricos y evidencias de dicho carácter, pues en este trabajo la recogida y recopilación de datos de fuentes públicas es un elemento vertebrador. De esta manera, se podrán asociar conceptos para posteriormente valorar la veracidad de la hipótesis principal de manera cualitativa. El principal método de búsqueda de datos en este trabajo es la investigación de fuentes y legislaciones de países, pues el objetivo principal es relacionar dichos parámetros escogidos con el mercado de los microchips y con relaciones políticas entre naciones. Posteriormente, se pretende someter dichos parámetros a la anteriormente mencionada rúbrica para evaluar su grado de impacto en el mercado y en las economías de otros países. Además, no solo eso, sino que también se pretende desarrollar objetivos de carácter divulgativo; se profundizará en aspectos técnicos para la comprensión de estos en un ámbito más tecnológico.

2.1 Tipo de investigación

Se trata de una investigación no experimental del tipo exploratoria, descriptiva y explicativa, basándose en una recolección de datos obtenidos por otros autores, que pueden haber utilizado tanto un enfoque cuantitativo como cualitativo. En este caso se trata de una investigación científica de carácter divulgativo.

2.2 Proceso metodológico

Durante el desarrollo del marco metodológico de este proyecto, se han llevado a cabo los siguientes procedimientos:

- Revisión bibliográfica: se realiza tomando como base las fuentes consultables por Internet desde diferentes plataformas como Google Academics o, en este caso, fuentes de información gubernamentales. Además, se ha optado por la revisión de fuentes como libros, artículos especializados como *The China Project*, archivos de cuotas de mercados para su posterior análisis y sitios web de organismos oficiales.
- Interpretación analítica de datos: se realiza mediante el tratamiento estadístico de datos como, en este caso, una cuota de mercado. A partir de ahí, se ha llevado a la interpretación de dichos resultados para elaborar las consecuentes conclusiones esenciales y su posterior planteamiento.

3. MARCO TEÓRICO

A continuación, se proveerá el apartado del marco teórico para así garantizar ciertas definiciones y explicaciones que resultan vitales para la correcta comprensión del proyecto en su totalidad.

3.1 El transistor

3.1.1 Composición y fabricación

Los transistores son la unidad mínima fundamental de un procesador, y en general de cualquier dispositivo electrónico. (Espeso, 2014). Los transistores constan de dos diodos posicionados de tal manera que sus cátodos se encuentran enfrentados, haciendo que la corriente sea capaz de fluir por ambos sentidos.

— Materiales semiconductores y dopajes

En el ámbito de los circuitos electrónicos, los materiales semiconductores son aquellos materiales que, debido a su configuración electrónica, al estar unidos en enlaces covalentes, no permiten el flujo de electrones entre átomos en su estado puro. Esto hace que sea muy difícil hacer pasar la corriente por estas estructuras. Es por esto que, en su producción, se les hace pasar por un proceso de dopaje, donde en estructuras covalentes de estos átomos se incluyen átomos de otros materiales para hacer posible el paso de corriente y por lo tanto causar el flujo de electrones entre átomos, y consecuentemente mejorar la conductividad del material. En cuanto a dichos dopajes, cabe destacar sus dos tipos.

En primer lugar, el dopaje de tipo N sucede cuando a una estructura de enlaces entre átomos de un material en específico como el Silicio, se le introducen átomos de otros elementos tales que quede un electrón libre en la capa de valencia de dicho átomo introducido. Debido a este suceso, un electrón queda en libre movimiento, así propiciando el flujo de electrones y por lo tanto energía eléctrica por la estructura, haciendo que este compuesto sea conductor de la electricidad.

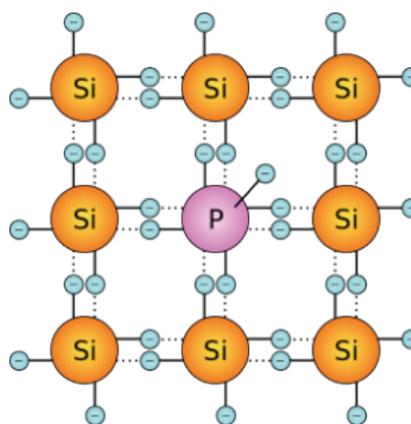


Figura (1). Dopaje tipo N.
Recuperado de Dopajes

En segundo lugar, el dopaje de tipo P sucede cuando a una estructura semiconductor se le introducen átomos de otros elementos tales que quede un denominado hueco en la capa de valencia de dicho átomo introducido. Esto hará que dicho hueco vaya siendo ocupado por diferentes electrones localizados en las capas de valencia de los demás átomos en la estructura, así propiciando el flujo de electricidad en la estructura.

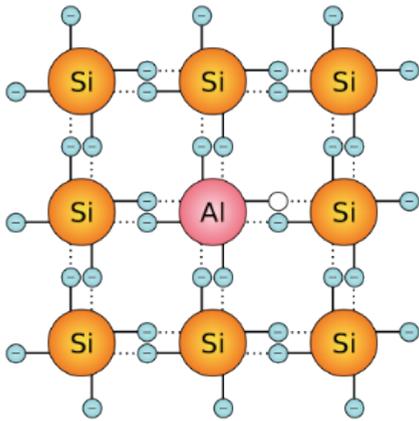


Figura (2). Dopaje tipo P.
Recuperado de Dopajes

— El diodo

Un diodo es un componente electrónico que está compuesto por una parte de material semiconductor con un dopaje de tipo N denominada ánodo y otra parte de material con dopaje de tipo P denominada cátodo.

En la convergencia entre ambas partes, sucede un fenómeno llamado barrera de potencial. A grandes rasgos, los electrones libres situados en el ánodo tienden a ocupar los huecos libres en las capas de valencia de los átomos del cátodo. Esto hace que ocurra la barrera de potencial, término usado para denominar el área donde sucede dicho fenómeno ya explicado, y por lo tanto donde no hay presencia de cargas.

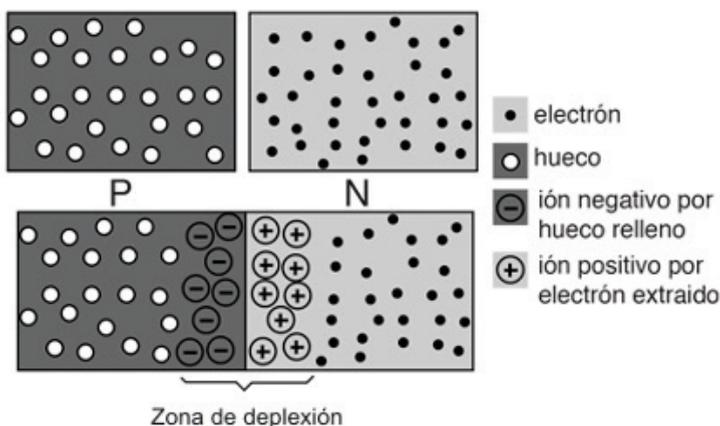


Figura (3). Fenómeno de Barrera Potencial.
Recuperado de (Barrera Potencial)

Debido a este fenómeno, el diodo recibe una de sus propiedades principales, ya que si se sitúa en polarización inversa, la carga en ambos lados atraerá los huecos por un lado y los electrones sobrantes por otro, haciendo que la barrera de potencial ensanche e imposibilite el flujo de corriente. Es por esto que el diodo es utilizado como elemento de control de dirección de tensión en un circuito eléctrico.

— Funcionamiento y propiedades del transistor

Un transistor está compuesto por dos diodos unidos en su parte P. Por ello, en cualquier polarización, siempre habrá un diodo en el componente que esté en polarización inversa, por lo tanto no habrá flujo de electricidad por el transistor. Es por esta razón que, a la convergencia entre ambos diodos denominada base, le es necesario recibir una tensión mínima de 0.7 Voltios para hacer que la corriente pueda pasar por el transistor gracias a la superación de la barrera de potencial, y por lo tanto para que el circuito no quede abierto.

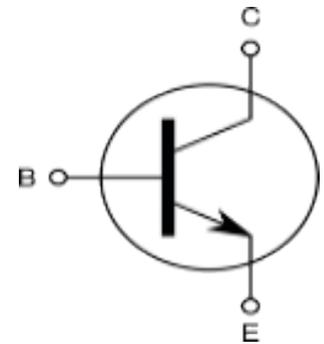


Figura (4). Simbología del transistor

Es por esta importante característica que el transistor recibe tanta importancia, ya que si se proporciona la suficiente tensión como para superar la barrera potencial en la base del transistor, la tensión será capaz de pasar por el transistor y se podrá accionar otro circuito.

En electrónica, los estados del transistor; abierto, superando la barrera de potencial, y cerrado, no superándose dicha barrera, están descritos por los números 0 y 1. Cuando el transistor está abierto deja pasar corriente, lo que la máquina interpreta como un 1 y si está cerrado y no pasa electricidad lo considera un 0, generando así bits. Según (Espeso, 2014), teniendo en cuenta que las operaciones matemáticas y los códigos que nuestros computadores crean, operan y leen para llevar a cabo las diferentes actividades deseadas consisten en ceros y unos, el transistor permite emular el comportamiento básico de un bit, con dichos estados 0 y 1 ya mencionados, según se permita o

no el paso de la energía por dicho transistor. Teniendo uno o más transistores se puede crear una puerta lógica para poder realizar sencillas operaciones matemáticas, y con una o más puertas lógicas se emulan operaciones básicas de bajo nivel, que son las que gestionan las instrucciones de código máquina. Esto es que, al igual que establece (Bernardo, 2020) , la función del transistor en la computación moderna no es otra que producir los unos y ceros que hacen que nuestros ordenadores puedan realizar operaciones básicas.

3.1.2 Ley de Moore

Con frecuencia se dice que el transistor representa para el siglo XX lo que la máquina de vapor significó para el siglo XIX. (Mártel, 2017). Según esta comparación entre lo que fue un transistor en su época de desarrollo con lo que significó una máquina de vapor durante el siglo XIX, queda establecida la gran importancia de dicho dispositivo en cuanto a los numerosos avances que ha supuesto en el desarrollo de la computación a lo largo de los siglos XX y XXI.

Dichos avances quedan situados alrededor del desarrollo de microprocesadores de nueva generación, utilizados en numerosos campos hoy en día, ya sea en el ámbito militar, de gran importancia, o en un ámbito más familiar al público, como puede ser el desarrollo de nuevos dispositivos electrónicos. A su vez, estos avances que han sido permitidos por la invención del transistor giran en torno a la posibilidad de crear nuevos microchips tales que tengan el mayor número de transistores de tamaño en escala nanométrica posible, dentro del tamaño predeterminado del microprocesador. En dicha posibilidad de incrementar el número de transistores en un mismo espacio mediante la disminución del tamaño de los transistores entra en juego el término de la litografía, correspondiente al proceso de fabricación de microprocesadores. Se suele denominar “mayor o menor litografía” al tamaño de los transistores de un microprocesador. Por lo tanto, al buscar una menor litografía de un procesador, se busca la manera de disminuir el tamaño de los transistores de un microchip dentro de la escala nanométrica para que se puedan incluir más. Consecuentemente, tal y como establece (Alonso, 2023), dicha posibilidad de poder meter un mayor número de transistores en el mismo espacio repercute en el rendimiento y en

la eficiencia energética del microprocesador, así que tener una litografía menor implica que el procesador será más potente y más eficiente.

Siguiendo el avance tecnológico de hoy en día, es totalmente esencial crear cada vez microprocesadores más potentes, en absolutamente todos los ámbitos de la industria. Es por ello que cada vez se busca una menor litografía en dichos microchips, para incrementar el rendimiento y optimizar aspectos de tamaño, potencia y eficiencia. Este patrón, de escalada continua en el número de transistores en microchips, quedó descrito en la Ley de Moore, creada por el científico Gordon Moore. Según (Alonso, 2023), Gordon Moore, director general de los laboratorios Fairchild Semiconductor, y posteriormente cofundador de Intel, fue el primero en observar esta tendencia en cuanto al incremento de transistores de menor tamaño en microprocesadores, estableciendo que: “*el número de transistores por unidad de superficie en circuitos integrado se duplicará cada año*” (Moore, 1975). Equivocadamente, Moore estableció este periodo a dos años, aunque la escala real es más similar a la escala con un periodo de tiempo de dieciocho meses entre procesadores de nueva generación.

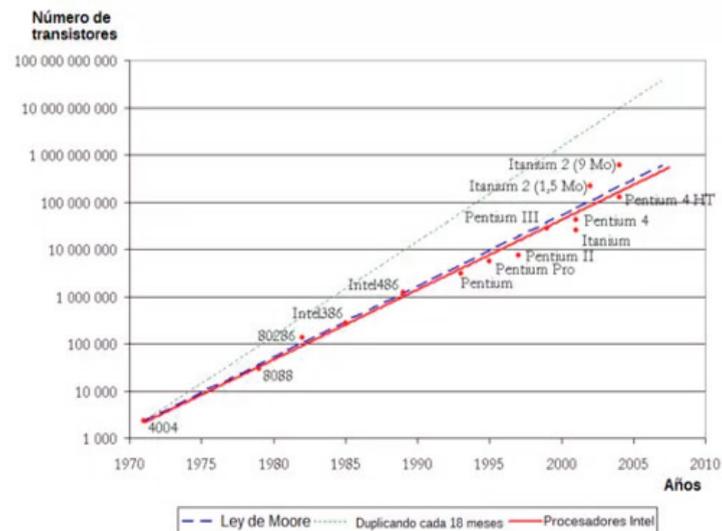


Figura (5). Ley de Moore. Recuperado de (Ley de Moore)

3.2 El microchip

Los circuitos integrados, chips o microchips, son pastillas pequeñas fabricadas con sustancias semiconductoras como el silicio y son fundamentales en los dispositivos electrónicos modernos. (González, 2014).

3.2.1 Historia

La idea de circuito integrado nace de la necesidad de reducir los circuitos eléctricos a uno mucho más sencillo y pequeño. Gracias a ellos, se evitaron la multitud de problemas que se daban a la hora de fabricar un circuito, como por ejemplo, que alguna de las miles de soldaduras que había que realizar estuviera defectuosa, o la reducción del espacio que ocupaban las válvulas de vacío, las cuales se vieron rápidamente obsoletas gracias a las mejoras que supuso la introducción de los circuitos integrados. (UPM, s.a). Tal y como destaca (Pérez, 2013), el primer circuito integrado fue creado por el físico e ingeniero eléctrico Jack St. Clair Kilby, en su periodo de trabajo en la compañía comercializadora de semiconductores y tecnología de computación *Texas Instrument* en el año 1959. Dentro de dicha compañía, la función principal del ingeniero era solucionar problemas de conexión entre componentes electrónicos. A los pocos meses de su incorporación en la compañía, descubrió que todos los componentes de un circuito eléctrico podrían ser fabricados a base de materiales semiconductores, en este caso utilizando germanio, el cual era predominantemente utilizado en la época, como corrobora (Pérez, 2013). Entonces concibió el primer circuito electrónico cuyos componentes activos y pasivos estuviesen dispuestos en un mismo material semiconductor, ocupando la mitad de espacio de un clip sujetapapeles (Pérez, 2013). Su invento que medía 11,5 milímetros dio lugar al primer circuito integrado.

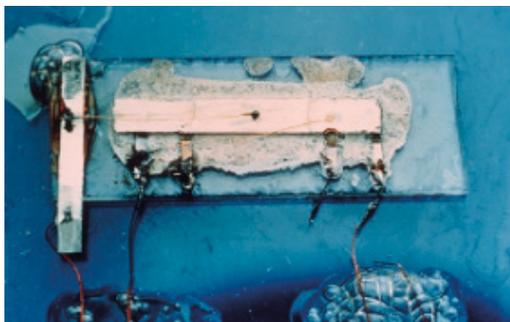


Figura (6). Primer circuito integrado. Recuperado de (Primer CI).

Sin embargo, cabe destacar que un invento más cercano a lo que conocemos como microprocesador fue dado por la compañía Intel, denominado Intel 4004, de 4 bits de memoria, que fue incorporado en el mercado en el año 1971 después de la colaboración entre Intel y una empresa de origen japonés fabricante de calculadoras, tal y como destaca (Fernández Francou, et. al.). Posteriormente, la siguiente generación de dichos dispositivos fue denominada Intel 8008, microprocesador de 8 bits incorporado en el mercado en el año 1972. Posteriormente, salió al mercado de los microprocesadores, que había incrementado considerablemente desde el lanzamiento de la primera generación de microprocesadores de Intel, la nueva generación de dispositivos; Intel 8080, que, entre otras diferencias, era considerablemente más rápido que su predecesor. Esto se debe a que, como afirma (Fernández Francou, et. al), fue en un concurso promovido por la compañía Display Terminals Corporation, que tenía el fin de producir un procesador monolítico capaz de controlar un tubo de rayos catódicos, donde se generan las imágenes de un monitor de un computador, donde Intel se dio cuenta del margen de mejora del dispositivo Intel 8008 en lo referente a la velocidad de éste. El dispositivo, en dicho concurso, fue capaz de cumplir los requisitos necesarios para llevar a cabo la acción requerida, mas era lento, lo que produjo el desarrollo de la ya mencionada última generación y versión del microprocesador.

A partir de ese momento, como destaca (Fernández Francou, et. al.), las marcas competidoras de Intel como Motorola, Rockwell, Signetis, etc. comenzaron a desarrollar sus propias versiones, lo que propició la denominada revolución electrónica del microprocesador.

3.2.2 Importancia de la composición del microprocesador

Para lograr una mejor comprensión de la importancia del microchip, se recurrirá a la comparación entre dos dispositivos electrónicos los cuales varían en tiempo considerablemente. Se analizará consecuentemente un ordenador británico desarrollado en la década de los 50 denominado "Pilot ACE (Automatic Computing Engine)". Además, este se comparará con el avanzado microprocesador actual

de nombre Apple M2, desarrollado por la compañía Apple en Estados Unidos.

	Apple M2	Pilot ACE
Década de desarrollo	A partir de 2020	Década de 1950
Velocidad de reloj	3,2 GHz	1 MHz
Formato de memoria	Memoria unificada de alta velocidad	Líneas de retardo de mercurio
Memoria total	Hasta 24GB	Hasta 4096 bits
Transistores o tubos de vacío	20 000 millones de transistores	1450 válvulas de vacío

Fuentes: Apple Newsroom y Science Museum Group, Copeland (2004) *Alan Turing's Automatic Computing Engine*. Oxford University Press, ISBN 0-19-856593-3

Como se puede observar en la tabla analítica, es evidente que ambos dispositivos distan en tiempo. Siendo la computadora “Pilot ACE” una de las primeras computadoras desarrolladas en Reino Unido, era capaz de realizar sumas y restas en cuestión de décimas de segundo. Además, fue considerada la computadora más potente del mundo durante un periodo de tiempo. Como es evidente, esta computadora fue desarrollada anteriormente a la invención del microprocesador. Es por esto que ocupa un gran tamaño. Este hecho guarda relación con los componentes y la electrónica de la época, debido a que cada simple componente electrónico ocupaba unas dimensiones considerables. Por ejemplo, como se puede observar en la anterior tabla, la computadora constaba de un número de mil cuatrocientas cincuenta válvulas de vacío, las cuales cada una medía aproximadamente lo mismo que una bombilla de tamaño promedio. A causa de esto, el dispositivo en su totalidad tenía unas dimensiones de 1930 mm x 2720 mm x 1040 mm, llegando a pesar 599 kg de masa. Adicionalmente, en cuanto a su capacidad de procesamiento y por lo tanto memoria de reloj, ésta, es mínima en comparación a las memorias de dispositivos actuales, siendo de 1 MHz.

En cuanto al microprocesador de última generación Apple M2, utilizado en los actuales ordenadores y demás dispositivos de la empresa Apple, destaca su velocidad incomparable en magnitud a la velocidad del computador anteriormente mencionado de 3,2 GHz. Debido a que,

como los demás microprocesadores, todos los componentes que llevaría dicho circuito integrado como serían los transistores están integrados en el dispositivo en escala nanométrica, específicamente a 5 nm, lo que quiere decir que cada transistor cuenta con un tamaño de 5 nm. Es por esto que, con tan reducido tamaño, el procesador consta de una potencia y eficiencia suficiente como para llevar a cabo cualquier tipo de operaciones y tareas cotidianas, y además tareas exigentes y de mucha más complejidad que se realizan utilizando los computadores de hoy en día. Además, debido a su gran número de transistores, 20 mil millones en su totalidad, el microprocesador es capaz de llevar a cabo numerosas tareas simultáneamente sin sufrir ninguna decadencia en cuanto a su funcionamiento. Por otro lado, este microprocesador cuenta con una memoria unificada de alta velocidad que es consecuentemente más moderna, pues es utilizada dentro de todos los microprocesadores de hoy en día, y que además es de considerable tamaño, de hasta 24 GigaBytes. En cuanto a su tamaño, cabe destacar que es mínimo, pues este procesador forma parte de un computador con numerosos componentes adicionales como la memoria RAM (*Random Access Memory*) o el almacenamiento del ordenador en su totalidad. Adicionalmente, este procesador se puede encontrar tanto en computadores personales portátiles como el MacBook Air o MacBook Pro, como en tabletas como un iPad Air o iPad Pro, dispositivos que destacan por su gran portabilidad debido a su disminuido peso y tamaño.

Como conclusión de esta comparación entre lo que fue una de las primeras computadoras con un microprocesador actual, el microprocesador supone un eslabón crucial en cuanto a la evolución de la tecnología y la computación de hoy en día. Con un tamaño mucho más reducido debido a una menor litografía, gracias a sus especificaciones técnicas son capaces de llevar a cabo un gran número de tareas, reduciendo cada vez más su espacio y por lo tanto creando una relación entre tamaño, eficiencia y potencia presente a lo largo de la línea temporal de desarrollo de nuevas tecnologías. Como consecuencia de esto, cada vez los dispositivos ocupan menos espacio y aumentan en eficacia. Esto constituye un patrón esencial en el desarrollo de las nuevas tecnologías; a menor tamaño del microprocesador, mayor

número de transistores, mayor potencia y menor consumo eléctrico. Según destaca (Miller, 2022, p. 17) [traducción propia], la miniaturización y la eficiencia eléctrica son una combinación poderosa que lleva a dar transistores más pequeños y una reducción en la consumición de energía crearían nuevos casos de uso y nuevas funciones para los circuitos integrados.

3.2.3 Composición técnica y fabricación del microchip

Técnicamente hablando, un chip es un trozo, wafer u oblea de silicio con un circuito electrónico incrustado o grabado en él. Denominado circuito integrado (CI), un chip se puede componer de diferentes elementos básicos como los condensadores, resistencias, transistores, memristores, etc., así como interconexiones para unir todos estos elementos y crear el circuito necesario. (Romero, 2022) En el ámbito de la fabricación del microprocesador, hay diferentes procesos y etapas de fabricación, muchos de ellos utilizados y hechos especialización de diferentes empresas fabricantes de microchips en diferentes países y territorios.

— Litografía

Tal y como describe (Romero, 2022), la palabra litografía proviene del griego lithos, es decir “piedra”, y *graphein*, que significa “escribir”. Por lo tanto, se puede deducir que es un procedimiento en el que se consigue escribir o trazar un dibujo en una piedra o placa de diferente material. Este proceso es empleado en la fabricación de microprocesadores, pues gracias a esta técnica, como corrobora (Romero, 2022), se pueden transferir los diferentes patrones previamente diseñados, que describen la arquitectura del procesador y por lo tanto la disposición y el tamaño de los componentes del circuito integrado, en una oblea de material semiconductor, siendo esta frecuentemente de silicio. Dicho patrón está ya descrito en un fragmento usualmente de vidrio, zafiro o cuarzo que entra juego en la etapa de exposición del proceso denominado máscara. Dicha máscara, además del material translúcido que permitirá el paso de la luz hacia la oblea, consta de detalles en metal que crearán sombras en zonas que no se pretende que la luz alcance. Adicionalmente, durante el proceso de litografía se emplea una resina fotosensible, y sensible a la luz, que durante

el proceso de fabricación cambia sus propiedades entre las zonas expuestas a la luz y las no expuestas.

Según (Romero, 2022), existen diferentes etapas en el proceso de fabricación de un microprocesador mediante procesos de litografía. En primer lugar, se aplica la resina en la superficie de la oblea de material semiconductor mediante máquinas que hacen girar dicha oblea a altas velocidades angulares, y mediante otra máquina diferente encargada de verter la resina fotosensible, con el objetivo de aplicarla de forma homogénea y eliminando cualquier residuo restante. Posteriormente, se dirige la oblea a un horno para fijar la resina fotosensible. En segundo lugar, viene la etapa de exposición, en la cual se interpone la máscara que incluye todos los elementos y patrones del circuito integrado como los transistores y la disposición geométrica del futuro microchip en su totalidad. Ésta se interpone entre la fuente de luz utilizada en el proceso y la oblea donde se grabará el patrón. Las zonas transparentes que dejan pasar la luz alterarán la resina, mientras que las zonas de sombras evitan que la luz interceda con dicho compuesto. En tercer lugar, se produce el ataque químico, donde mediante un baño ácido se elimina la zona expuesta o no expuesta, dependiendo del tipo de resistencia de la resina aplicada. Finalmente, se lleva a cabo el proceso que varía según lo que se pretende desarrollar, variando desde la implementación de metal conductor para crear interconexiones a partir de técnicas de deposición como la deposición de óxido, destinada a crear aislamiento entre circuitos, hasta el dopaje de zonas del semiconductor mediante implantación iónica. Posteriormente se elimina la máscara que sirvió para que la grabación no afecte a diferentes zonas en las que no se pretende grabar dicho patrón. No obstante, durante la totalidad del proceso, existen numerosos procesos de metrología e inspección, que evalúan el estado del producto y verifica que todas las mediciones y características necesarias sean exactas.

Como menciona (Romero, 2022), las fuentes de luz utilizadas en el proceso varían y son importantes para el nodo, ya que determinan la longitud de onda del haz electromagnético, desde la luz visible, pasando por algunas luces de color, hasta la UV, e incluso otras radiaciones con longitud de onda inferior. Además, dicha longitud de onda de la luz utilizada determina la litografía del microchip,

es decir, dentro de la escala nanométrica, el tamaño de los transistores del microprocesador permitido, por lo que es de gran importancia. Según (Romero, 2022), existen diferentes tipos de tecnologías fundamentales, de las cuales cabe destacar dos que son importantes de tener en cuenta posteriormente a lo largo del posterior análisis de datos.

- *Deep UltraViolet*: técnica que emplea luz ultravioleta profunda con una longitud de onda de entre los 248 nm y los 193 nm, lo cual permite detalles de hasta 50 nm dentro de la arquitectura del microchip. Algunas nuevas implementaciones DUV han conseguido llegar a los 157 nm, pudiendo crear detalles de menos de 32 nm.
- *Extreme UltraViolet*: relacionada a la nanolitografía, es una técnica de mayor avance técnico capaz de usar resoluciones de menor tamaño. Esto se hace llevando al extremo la radiación ultravioleta, para conseguir longitudes de onda producidas por dicha luz muy cortas como 13,5 nm

— “Chemical Mechanical Planarization” (CMP)

El proceso denominado “Chemical Mechanical Planarization” o “Planarización Mecánica Química” en castellano es una técnica de fabricación que usa oxidación química y abrasión mecánica para remover material y obtener altos niveles de planaridad. (HORIBA Semiconductor, s.a) [traducción propia].

Dentro del ámbito de los materiales semiconductores y de los procesos en relación a la fabricación de los microchips, según (HORIBA Semiconductor, s.a), la planarización mecánica química es la técnica más popular utilizada para remover las irregularidades de una oblea de silicio.

4. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

4.1 Producción de microchips a nivel mundial

A continuación se mostrará un gráfico que incluye el porcentaje de microchips fabricado por las principales potencias productoras de semiconductores a nivel mundial, al igual que las principales empresas comercializadoras de dicho producto.

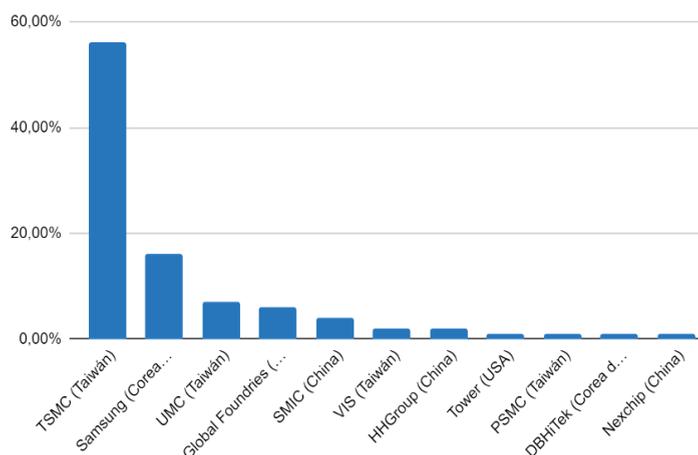


Gráfico de realización propia a partir de cuota de mercado. Año: 2021. Fuente: *TrendForce*

Como se puede observar en el anterior gráfico, correspondiente a una cuota de mercado del año 2020 sobre la producción, la compañía *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)* lidera el mercado en cuanto a la producción de microchips. Este hecho, según (Marín, 2023), ha convertido a Taiwán en el centro productivo global de dichos dispositivos. Por otro lado, países como Corea del Sur, Estados Unidos y China también ocupan un lugar importante en cuanto a dicha cuota de mercado, convirtiéndose en países de importancia considerable en el sector. Sin embargo, según (Marín, 2023), es el continente asiático quien concentra más del 90% de la cuota de mercado en la fabricación de microchips, gracias a las grandes firmas taiwanesas y surcoreanas. En el siguiente gráfico, se pueden encontrar los porcentajes de fabricación de dichos productos por país en su totalidad, elaborado a partir de la anterior cuota de mercado.

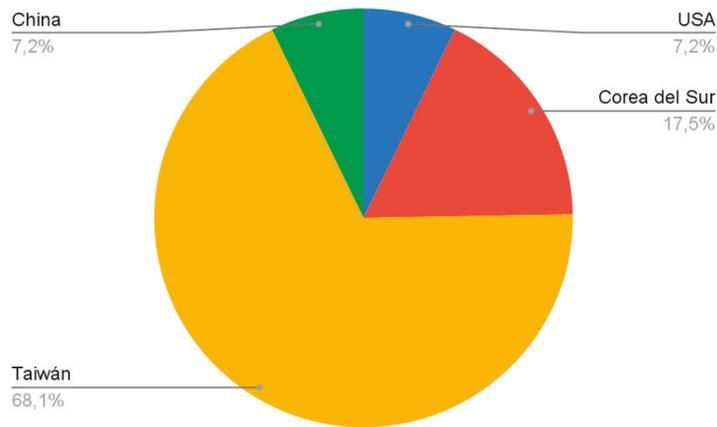


Gráfico de realización propia a partir de cuota de mercado. Año: 2021. Fuente: *TrendForce*

Nota: consideramos a la isla de Taiwán como territorio independiente de la República Popular China debido a su complejo estatus de autonomía.

A pesar de la disminuida participación en la actividad económica de la producción de microprocesadores, del 7,2% en relación a la anterior cuota de mercado situándose cerca de China, Estados Unidos es una gran potencia en cuanto a la elaboración de patentes de microchips de última generación, las cuales son distribuidas a empresas asiáticas para la posterior fabricación y comercialización de dispositivos desarrollados a partir de la patente original. Un ejemplo de esto, según (Miller, 2022), es la generación de microchips Apple M2, de patente perteneciente a la empresa de origen estadounidense Apple. Estos microchips, considerados actualmente como los dispositivos más avanzados del sector, son únicamente fabricados por la compañía TSMC, con sede en Taiwán. Esto es ya que la empresa, pionera en la fabricación de microprocesadores, es la única capaz de desarrollar dicha tecnología. De esta manera, empresas como Apple evitan asumir el coste de dicha parte de la cadena de producción de sus dispositivos, pues se ahorran los costes de crear fábricas enteras de microchips para posteriormente incluir en su hardware. En cambio, existen empresas como Samsung de origen surcoreano que no solo dominan la fabricación de microchips, sino que también los incorporan a sus dispositivos lanzados al mercado, asumiendo ambas partes de la cadena de producción. Por otro

lado, es posible apreciar la gran importancia de Taiwán en la cadena de suministro, pues con su disminuido territorio asume el 68,1% del sector, con en total tres empresas diferentes; TSMC, mencionada anteriormente; UMC (*United Microelectronics Corporation*), VIS (*Vanguard International Semiconductor Corporation*), y PSMC (*Powerchip Semiconductor Manufacturing Corporation*).

4.2 China y la producción de microchips

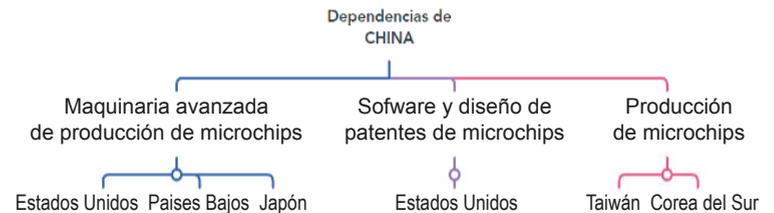


Gráfico de realización propia. Fuente: (Miller, 2022)

“Sin ciberseguridad no puede haber seguridad nacional”, declaró Xi Jinping, secretario general del Partido Comunista Chino en 2014. “y sin informatización, no puede haber modernización”. Estas palabras pronunciadas por él son clave a la hora de comprender su mentalidad política. Como es conocido popularmente, el “firewall” de China, o en otras palabras, la censura de plataformas enteras y de multimedia proveniente mayoritariamente de la sociedad occidental, estaba y sigue estando presente en la sociedad china. Es por esto que numerosas plataformas como *WhatsApp*, *Facebook*, o *Google*, de procedencia americana, están vetadas hacia el público, siendo reemplazadas por plataformas chinas como *Baidu* y *Tencent*. Esto es un ejemplo del éxito de la nación al utilizar el internet para propósitos meramente autoritarios, así desmintiendo la concepción occidental del internet como una fuerza política liberadora. Sin embargo, como menciona (Miller, 2023, p.244), las pocas empresas occidentales capaces de obtener acceso al mercado chino, *Apple* y *Microsoft*, no tuvieron más remedio que colaborar en los esfuerzos de censura del gobierno de la nación. Cualquier empresa extranjera de software debía aceptar los requisitos impuestos por el Partido Comunista Chino para ganar acceso al mercado nacional. Pero, a pesar del constante esfuerzo por aumentar las censuras y prohibiciones de lo extranjero en la sociedad del país,

China es dependiente del mundo occidental en muchos aspectos de gran importancia en cuanto a la estabilidad económica y política del país.

El mundo digital chino, es decir, los gigantes empresariales de China funcionan por dígitos, 0 y 1, procesados y guardados por semiconductores mayoritariamente importados. Esto es que, las grandes empresas tecnológicas de la nación dependen de centros de procesamiento y guardado de datos repletos de tecnología y microchips importados, mayoritariamente de patente americana. Consecuentemente, a pesar de todos los esfuerzos realizados por “repliar” la construcción de software de comercio electrónico, búsqueda en línea y pagos digitales occidentales, y por la censura de plataformas americanas, todo el software que sustituye a dichas plataformas es dependiente de hardware extranjero, algo contraproducente para los esfuerzos de la nación por “liberarse” de su dependencia del mundo occidental. Es por todo esto que se puede afirmar que China es fuertemente dependiente en dispositivos electrónicos, sobre todo en microchips de última generación, diseñados en Estados Unidos y producidos por sus aliados en la cadena de producción como Japón, Taiwán, Corea del Sur y Países Bajos. El líder de la nación, mencionado anteriormente, expresó su afán de cambiar esta preocupante condición en el año 2016 diciendo, “no importa el tamaño, o lo alta que sea su capitalización del mercado, si una empresa de internet depende críticamente en el extranjero para obtener componentes esenciales, la “puerta vital” de la cadena de suministro queda en manos de otros”. Entre dichos componentes esenciales, que no son más que tecnología indispensable para las empresas chinas, se encuentra el producto de software *Microsoft Windows*, utilizado en la gran mayoría de ordenadores personales en el país, a pesar de los intentos de recreación de un software similar de igual competencia y de origen chino. Otro de los componentes esenciales mencionados anteriormente, y de mayor importancia y preocupación por el gobierno chino, son los microchips que operan en dispositivos como smartphones, o en centros de procesamiento de datos. Dado que el software de *Microsoft Windows* es únicamente compatible con chips de la compañía americana Intel, la mayoría de computadores chinos necesitan microchips americanos para funcionar. Es

por todas estas razones que China, durante la década de entre el año 2000 y el año 2010, China gastó más dinero en la importación y compra de semiconductores extranjeros que en la compra de petróleo.

Al adentrarse en la producción de microchips chinos, es frecuente encontrar una gran brecha en cuanto al potencial de las empresas de occidente y las empresas chinas. Esto se puede ver en la comparación entre las empresas productoras de equipamiento esencial en la producción de microchips. Por ejemplo, en términos de litografía, concepto explicado anteriormente, la única empresa de maquinaria de litografía china, llamada *Shanghai Microelectronics Equipment* (SMEE) sólo puede producir maquinaria únicamente capaz de imprimir patrones de 90 nm en las obleas de silicio durante la fabricación del microchip. Por otro lado, la empresa neerlandesa *ASML*, encargada de producir la gran mayoría del equipamiento litográfico más avanzado a nivel mundial ya comenzará pronto a comercializar sus máquinas de una litografía de 2 nm. Esto, en resumen, quiere decir que la maquinaria para hacer microchips desarrollada en China es mucho menos avanzada que la desarrollada por los países económicamente asociados a Estados Unidos. Consecuentemente, para crear microchips a la altura de aquellos provenientes de occidente, deben comprarlos, pues su maquinaria es insuficientemente potente. Adicionalmente, según (Petraakos, 2023), empresas como *TSMC*, *Samsung* e *Intel*, mencionadas anteriormente, para lograr unos nodos de menor tamaño han estado basándose en herramientas de litografía de método *Extreme UltraViolet*, explicado anteriormente. Estas herramientas son producidas también por *ASML*, y esta tecnología hace posible la creación de grabados de circuitos integrados de resolución de menor tamaño, y con menos etapas de procesamiento que el método *DUV*, también anteriormente mencionado. Esta característica hace que dichas herramientas fabricadas por *ASML* sean esenciales para el avance tecnológico de los microprocesadores de nueva generación, para obtener un aumento del número de transistores en un microchip gradualmente según la Ley de Moore. Según (Petraakos, 2023), si bien es posible producir microchips de similares características a aquellos producidos con maquinaria de *ASML* con métodos alternativos a *EUV* o *DUV*, es poco

probable que las empresas chinas sean capaces de llevar dicha producción a cabo sin dichos procesos anteriormente explicados. Es por esto que como corrobora (Miller, 2022, p. 249), el problema de China no sólo reside en la producción de microchips, sino también en todo el proceso de fabricación de semiconductores, en la cual en casi todas las etapas de esta es dependiente de tecnologías extranjeras. Dichas tecnologías están además controladas y desarrolladas por los rivales geopolíticos de China, como es el caso de la neerlandesa *ASML* y su equipamiento puntero en técnicas de litografía. Además, China, según la anterior cuota de mercado, tiene un 7,2% del total mundial de producción de microprocesadores, de los cuales ninguno cabe destacar

► por alta tecnología. Es por ello que cualquier microchip fabricado en China podría fabricarse en cualquier otra parte del mundo. Esto es contraproducente para el gobierno chino, ya que pretende desarrollar tecnologías que sean imprescindibles para empresas en todo el mundo, para ganar mayor competitividad y poder en el sector.

4.3 RÚBRICA

Se ha elaborado la siguiente rúbrica, exponiendo las principales legislaciones y regulaciones planteadas por países de gran importancia en el sector comercial y en la cadena de producción de los microprocesadores. ▼

	No tiene relevancia en el sector de producción de microchips del país en cuestión 0	Es de baja relevancia en el sector de producción de microchips del país en cuestión 2	Supone un impacto considerable sobre el sector de producción de microchips del país en cuestión 4	Impacta directamente sobre el sector de producción de microchips del país en cuestión 6
<i>Regulaciones de U.S Dept of Commerce Entity List</i>				X
<i>Regulaciones de exportación de Galio y Germanio de China</i>			X	
<i>Veto en China de la empresa estadounidense Micron</i>				X
<i>Restricciones en la venta de equipamiento de proveedores en Países Bajos</i>			X	

4.3.1 Regulaciones de U.S Dept. of Commerce Entity List

El organismo denominado “*U.S Dept of Commerce Entity List*”, o en castellano “*Lista de Entidades del Departamento de Comercio de los Estados Unidos*”, es un organismo que restringe el derecho de libre exportación de productos americanos o contendientes de tecnología americana a diferentes compañías de países. En caso de exportación de alguno de los productos encontrados en la *EAR* (“*Export Administration Regulations; Regulaciones de Administración de Exportaciones*”), lista de productos susceptibles a restricciones

en su exportación a otros países, a una de las entidades presentes en la lista de entidades, será necesaria la obtención de una licencia, usualmente siguiendo los requisitos de licencia incluidos en la propia lista. En cuanto al propósito de la Lista de Entidades de los Estados Unidos, éste es evitar la desviación en el uso de tecnologías originarias de la propia nación hacía un uso considerado indebido; como puede ser la creación de diferentes armas de fuego, programas de destrucción masiva, o un uso que podría suponer un riesgo para la propia seguridad e integridad del país con tal de, consecuentemente, defender sus intereses propios.

Tal y como corrobora (Miller, 2022), la Lista de Entidades de los Estados Unidos es usada para restringir la libre exportación de equipamiento principalmente de carácter militar, como pueden ser los diferentes sistemas militares y de lanzamiento de misiles o equipamiento nuclear. Sin embargo, ahora mismo, dicha lista comienza a ser utilizada por el gobierno del país para restringir las ventas de tecnología americana, principalmente a empresas chinas, con la intención de asegurar el dominio de la tecnología estadounidense mundialmente, y de frenar el reciente ascenso en la involucración y el poder de otras naciones en el ámbito de desarrollo de nuevas tecnologías. Un ejemplo de ello es el veto de Huawei, pues fue el mismo gobierno de los Estados Unidos quienes prohibieron la venta de tecnología americana al gigante Chino.

A continuación, se exponen diferentes apartados oficialmente pertenecientes a dicha lista, en los cuales se puede apreciar diferentes entidades localizadas en países las cuales están sujetas al veto de libre exportación de productos americanos.

CHINA, PEOPLES REPUBLIC OF	SHC Semiconductors (HK) Co., Ltd. , a.k.a. the following two aliases: – Shenzhen Sanhe Technology Co., Ltd., and – Sanhe Semiconductor. Room 605, 6/F, Fa Yuen Commercial Building, 75–77, Fa Yuen Street, Mongkok, Kowloon, Hong Kong.	For all items subject to the EAR (See §§ 734.9(g), ³ 746.8(a)(3), and 744.21(b) of the EAR)	Policy of denial for all items subject to the EAR apart from food and medicine designated as EAR99, which will be reviewed on a case-by-case basis. See §§ 746.8(b) and 744.21(e)
	4Paradigm Technology Co., Ltd., a.k.a., the following three aliases: – 4Paradigm; – 4th Paradigm; and – Fourth Paradigm. Building 1, No. 66 Qinghe Middle Street, Haidian District, Beijing, China.	For all items subject to the EAR. (See §§ 734.9(e)(2) and 744.11 of the EAR) ⁴	Presumption of denial
	32Group China Ltd., Room 1905, 19/F, Nam Wo Hong Bldg., 148 Wing Lok Street, Sheung Wang, Hong Kong, and Room 1119, 11/F, Block B, Yau Tong Industrial City, 17 Ko Fai Road, Yau Tong, Kowloon, Hong Kong.	For all items subject to the EAR. (See § 744.11 of the EAR)	Presumption of denial
	54th Research Institute of China , a.k.a., the following three aliases: – China Electronics Technology Group Corp. (CETC) 54th Research Institute; – Communication, Telemetry and Telecontrol Research Institute (CTI); and – Shijiazhuang Communication Observation and Control Technology Institute;	For all items subject to the EAR	See § 744.3(d) of this part

Fragmento de *US Department of Commerce “Entity List”*. Obtenido de: *Entity List*

En el anterior fragmento se muestra la sección correspondiente a China. En una primera instancia se puede apreciar el veto de libre comercio a una empresa de semiconductores. Asimismo, la lista de prohibiciones a entidades provenientes de China es considerablemente extensa, encontrándose en ella no sólo diferentes sucursales de Huawei en ciudades chinas, sino establecimientos como institutos de investigación tecnológica y entidades relacionadas a la tecnología de carácter militar.

Country	Entity	License requirement	License review policy
	Experian Holdings, Inc., N Eyre Str, Blake Bldg, Suite 302, Belize City, Belize 99008; and Corner Hutson Eyre Str, Blake Bldg, Suite 302, Belize City, Belize 99008.	For all items subject to the EAR. (See § 744.11 of the EAR)	Presumption of denial
BOLIVIA	Huawei Technologies (Bolivia) S.R.L.; La Paz, Bolivia.	For all items subject to the EAR, see §§ 734.9(e) ¹ and 744.11 of the EAR ²	Presumption of denial
BRAZIL	Huawei Cloud Brazil, Sao Paulo, Brazil.	For all items subject to the EAR, see §§ 734.9(e) ¹ and 744.11 of the EAR ²	Presumption of denial

Fragmento de *US Department of Commerce “Entity List”*. Obtenido de: *Entity List*

En el anterior fragmento ejemplificativo de la lista, se puede apreciar que las diferentes sucursales internacionales de Huawei, empresa con mayor peso económico y tecnológico de China, también están sujetas a la obtención de licencias específicas para su compra de equipamiento y tecnología americana. En este caso, las sucursales de Huawei que son consideradas merecedoras de veto de libre exportación se encuentran en Bolivia y Brasil, entre otras.

La gran variedad de vetos a las empresas chinas contenidos en esta lista dan lugar a lo que supuso un mayor problema y preocupación para el sector y la economía china; la prohibición de venta de equipamiento esencial para la creación de microprocesadores de última generación a sus empresas. Numerosos tipos de maquinaria correspondientes a diferentes etapas en la fabricación de microprocesadores fueron vetados de ser vendidos a China. Un gran ejemplo de una maquinaria crucial para la manufactura de microchips de última generación son las máquinas de *EUUV*, anteriormente mencionadas y explicadas, que son las únicas capaces de crear microchips de menor litografía, concepto también explicado anteriormente. Dicha maquinaria es fabricada exclusivamente por la compañía neerlandesa *ASML*, la cual utiliza tecnología americana. Asimismo, aquí se incluye una rúbrica con la maquinaria prohibida para la venta de empresas chinas, así como qué empresas las fabrican y a qué país pertenecen dichas compañías.

País	EMP	Litografía	Máscaras y Resina	CMP	Deposición	Imp. Iónica	Grabación	Metrología Inspección
Japón	TEL		X		X		X	
Países Bajos	ASML	X						
Países Bajos	ASML				X			
USA	LAM				X		X	X
USA	AMAT		X	X	X		X	X
USA	KLA							X

Rúbrica de realización propia. Fuente: *The China Project*

Como se puede ver en la rúbrica, a parte de la extensa variedad de maquinaria crucial para el desarrollo de tecnología de última generación, no solo fue Estados Unidos quien impuso estas restricciones, sino que también países aliados de la nación que forman parte de la cadena de suministro del sector, como Japón y Países Bajos, también aplicaron dichas regulaciones. Estas regulaciones, de carácter similar a las ya mencionadas en la Lista de Entidades del gobierno de los Estados Unidos, pretenden imponer la obtención de licencias para la exportación de sus productos y sus equipamientos ya vistos en la anterior rúbrica. Como expresa (Pettrakakos, 2023), estos tres países, Estados Unidos, Países Bajos y Japón son hogar de las mayores empresas fabricantes de este tipo de equipamiento ya mencionado. Este hecho, junto a la prohibición de compra para Huawei de microprocesadores americanos de vanguardia, pretenden frenar la escalada tecnológica de China, así volviéndola aún más dependiente de los recursos de estas otras naciones.

Es por todas estas razones que en la anterior rúbrica se considera que dichas prohibiciones y regulaciones suponen un impacto directo contra la economía del país en cuestión, que es China, y un impacto de gran importancia en contra del desarrollo del país en dicho ámbito del sector, obstaculizando así la obtención de poder en dicho sector económico de la nación. Asimismo, es por esto que también se considera que dichas legislaciones, ya que son parte de las políticas de carácter exterior de los países que las aplican, guardan gran similitud con respecto a las relaciones comerciales y geopolíticas entre ambos países.

4.3.2 Regulaciones de exportación de galio y germanio de China

Según (He, 2023), en el mes de agosto del año 2023, las exportaciones chinas de dos minerales raros esenciales y estratégicos para la fabricación de semiconductores; galio y germanio, se redujeron a cero. Un mes antes, el Ministerio de Comercio y la Administración General de Aduanas de China impuso restricciones en la exportación de dichos productos. A partir de este suceso, los dos productos no solo estarán sujetos a diferentes controles de exportación, sino que los exportadores tendrán que solicitar un permiso específico para la posibilidad de enviarlos fuera del país. Todo ello, según el gobierno chino, para proteger la seguridad y los intereses nacionales del país.

Suponemos que este hecho afecta a los demás países participantes en el mercado mundial de microprocesadores, pero no directamente en sus respectivos comercios ni economías. Esto es porque, a pesar de que según la Alianza de Materias Primas Críticas, China produce alrededor del 80% del galio y del 60% del germanio del mundo, las demás potencias pueden optar por otros métodos de obtención de estos materiales; ya sea la compra de estos a otros países productores o la búsqueda de otros materiales de características similares. Esto queda corroborado por (He, 2023), que establece que aunque China sea líder en la industria de producción de estos dos elementos estratégicos, existen también naciones productoras alternativas, así como sustitutos para ambos materiales, dato que también destacaron los analistas de Eurasia Group.

Es por todo esto que consideramos en la rúbrica que este parámetro supone un impacto considerable en el mercado internacional y en las economías de otros países, pero no es totalmente influyente ni causa un impacto total en estas debido a la posibilidad de elección de diferentes alternativas anteriormente mencionadas. Consecuentemente, esta acción, según (He, 2023), ha llevado a mayor tensión política entre los dos países líderes del sector: China y Estados Unidos, así llevando a un deterioro de sus relaciones comerciales y diplomáticas.

4.3.3 Veto en China de la empresa estadounidense Micron

La empresa norteamericana Micron Technology Inc, según (Hurtado, 2023), es el mayor fabricante de chips de memoria del país. Siendo de gran importancia en los mercados chinos, según la propia empresa, en el 2022, el 10% de sus ganancias provenían de China.

Sin embargo, la empresa estadounidense sufrió un veto de venta de sus productos en el país. Según el gobierno chino, después de la conducción de diferentes pruebas de seguridad, la empresa fue determinada como un peligro para la seguridad nacional del país. Es por ello que las diferentes empresas clave del país fueron requeridas de no adquirir los chips de memoria de la compañía en cuestión. No solo eso, sino los operadores de infraestructuras críticas, como el transporte y la sanidad, también estarían bajo este mandato. Además, según (Lee et. al, 2023) la empresa fue el primer fabricante de chips estadounidense en el punto de mira del gobierno chino tras una serie de controles a la exportación por parte de Washington de determinados componentes y herramientas de fabricación de chips estadounidenses para impedir que se utilicen para impulsar la creación de tecnologías avanzadas que puedan hacerle competencia a aquellas patentadas por Estados Unidos. Esto declara que dicho veto puede llegar a ser una respuesta a las ya mencionadas prohibiciones de la Entity List.

En cuanto a la interpretación de este parámetro en la rúbrica, consideramos que supone un impacto total en la influencia de Estados Unidos en el sector. Esto es debido a que, según la propia empresa afectada, su economía

ha caído un 5% desde la estabilización del veto. Por ello, establecemos en la rúbrica que dicho mandato supone un golpe al comercio del país al cual la empresa pertenece, a su estado y a su influencia y desarrollo en el sector de los microchips. Consecuentemente, apreciamos que este movimiento por parte del gobierno chino constituye una parte de la creciente rivalidad entre ambos países, así llevando a un mayor deterioro de sus relaciones diplomáticas.

4.3.4 Restricciones en la venta de equipamiento de proveedores en Países Bajos

En marzo de 2023, el gobierno de los Países Bajos anunció la imposición de medidas de regulación de comercio en el sector de los microprocesadores con China. Como expone (Sterling et.al, 2023), esto se debe a que, para que las restricciones en este ámbito hacía dicho país sean efectivas, se precisaba de proveedores situados en países comercialmente aliados a Estados Unidos también aplicarían diferentes medidas similares. Como ya ha sido mencionado anteriormente, el principal proveedor, que resulta clave para el sector, se encuentra en Países Bajos, siendo éste la compañía *ASML*. Esta empresa es líder mundial en la creación y venta de máquinas de procesos de litografía EUV, claves para la creación de chips de mayor avance tecnológico. Sin embargo, como declara (Sterling et.al, 2023), la empresa nunca ha vendido estas máquinas a empresas chinas, sino máquinas *DUV*, anteriormente mencionadas y de menor potencia. Aún así, dicho equipamiento estratégico estará sujeto a restricciones de exportación y de venta.

Siendo de gran importancia en el sector, diferenciamos este hecho de las otras posibles prohibiciones establecidas por otros países aliados. En cuanto a su evaluación en la rúbrica, consideramos que supone un impacto considerable pero no total en el estatus económico del país en cuestión, en este caso China. Esto es así ya que la empresa más importante de los Países Bajos, *ASML*, a la que mayoritariamente van dirigidas las restricciones ya mencionadas, nunca ha vendido maquinaria necesaria para la fabricación de tecnología de microchips de vanguardia. Por lo tanto, no hay una restricción de equipamiento estratégico a compañías chinas productoras de estos elementos. Sin embargo, sí que hay una restricción de venta de equipamiento de con-

siderable importancia, que a su vez no es tan eficaz ni esencial para la creación de chips de última tecnología, pero sí forma parte de maquinaria necesaria para una gran fracción del mercado tecnológico chino. Consecuentemente, consideramos este acto como causa de un empeoramiento de las relaciones políticas entre ambos países.

5. CONCLUSIONES

Una vez finalizada la recogida y el análisis y la discusión de datos, se procede a comentar las conclusiones a ser extraídas. En primer lugar, podemos ver que los países toman, en el ámbito de la tecnología, sucesivas medidas para frenar una posible escalada de poder de otro país contrario a sus intereses nacionales. Esto lo hacen mediante la obtención de aliados y de recursos estratégicos. Hemos podido ver esto con las medidas de la Entity List, las diferentes prohibiciones del mercado chino de empresas americanas hegemónicas y las restricciones en otras naciones a raíz de aquellas impuestas por el gobierno de los Estados Unidos. Esto queda indudablemente entrelazado con las relaciones diplomáticas de las respectivas naciones. A pesar de las malas relaciones generales entre China y Estados Unidos a lo largo de la historia, en un sector como el microchip, que es tan importante para la evolución de tecnologías como el novedoso 5G y la Inteligencia Artificial, es donde hemos sido capaces de apreciar las verdaderas rivalidades entre estas naciones.

Por otro lado, podemos también apreciar la gran esfera de influencia de los Estados Unidos, que no solo aplica sus propias restricciones de productos estratégicos, sino que también anima y lleva a otros países a llevar a cabo acciones similares. Un ejemplo de ello es Países Bajos, parámetro que hemos tenido en cuenta y que ha sido sujeto a la evaluación de la rúbrica.

Adicionalmente, hemos logrado analizar la complicada situación política de China en este ámbito, pues es dependiente de numerosos países para su desarrollo comercial en el sector de los microchips. Sin embargo, sus mayores intereses nacionales se concentran en la idea de liberarse de esas dependencias, para ganar poder e influencia mundial. Durante los próximos años, es posible que seamos capaces de observar cómo esto sucede, pues China ya es la segunda

potencia mundial, y de seguro nos asombra cada vez más.

Finalmente, hemos sido capaces de apreciar la gran importancia e influencia del desarrollo de las nuevas tecnologías en nuestros sistemas comerciales y económicos, pues en muchas ocasiones marcan las políticas por las que se rige nuestro mundo.

6. LIMITACIONES Y PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

— Limitaciones

- Dificultad de acceso a diferentes fuentes de información federales no públicas pertenecientes a diferentes países. Si hubiese existido la posibilidad de acceder a documentos oficiales de gobiernos, la interpretación y clasificación de los parámetros sujetos a la rúbrica habría sido de carácter mayormente cuantitativo, siendo una justificación indudable para dicha interpretación.
- Actualidad de los hechos expuestos y sometidos a la rúbrica. Los países, al igual que sus relaciones diplomáticas, decisiones y legislaciones sobre el mercado de la tecnología en general, se encuentran en constante cambio. Es por ello que muchos argumentos desarrollados en el trabajo posiblemente cambien en el futuro. Esto es debido a la considerable actualidad del tema escogido. Consecuentemente, gran parte de la información no está disponible en fuentes de información de carácter académico, sino en fuentes como artículos divulgativos o periodísticos.

— Próximas líneas de investigación

- Impacto en la obtención de recursos materiales destinados a mercados tecnológicos en las sociedades de países en vías de desarrollo.
- Consecuencias en el medio ambiente del avance tecnológico del microchip en la sociedad.
- Impacto del desarrollo de dispositivos tecnológicos en la bolsa de valores.
- Utilización de la IA para el desarrollo de nuevos microprocesadores de mayor rendimiento.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(n.d.). Circuito integrado. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/403-circuito-integrado%3Ftmpl=component&print=1.html>

(2020, February 21). Los transistores, las neuronas de un procesador. Retrieved December 7, 2023, from <https://asur.dev/hardware/los-transistores-las-neuronas-de-un-procesador/>

.... (2023, March 2). - YouTube. Retrieved December 12, 2023, from https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fviasatelital.com%2Fproyectos_electronicos%2Fvideos00006.php&psig=AOvVaw2TIdfdR-38d0kFL-RAiwl9t&ust=1690022785290000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=2ahUKEwjv3sDPz5-AAxUS-mycCHTYaCmgQr4kDegUIARDLAQ

V. (2023, June 16). YouTube. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/chemical-mechanical-planarization>

Apple presenta el M2: un chip con unas prestaciones y un rendimiento revolucionarios. (2022, June 6). Apple. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.apple.com/es/newsroom/2022/06/apple-unveils-m2-with-breakthrough-performance-and-capabilities/>

Blandón, D. (2023, July 4). China contraataca a EE. UU. y restringe venta de minerales críticos para la industria tecnológica - Economía. France 24. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.france24.com/es/programas/econom%C3%ADa/20230704-china-contraataca-a-ee-uu-y-restringe-venta-de-minerales-cr%C3%ADticos-para-la-industria-technol%C3%B3gica>

China impone restricciones a la exportación de galio y germanio, claves para fabricar microchips. (2023, July 4). Europa Press. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.europapress.es/economia/noticia-china-impone-restricciones-exportacion-galio-germanio-claves-fabricar-microchips-20230704151115.html>

Copeland, B. J. (Ed.). (2005). Alan Turing's Automatic Computing Engine: The Master Codebreaker's Struggle to Build the Modern Computer. OUP Oxford.

Entity List. (n.d.). bis.doc.gov. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.bis.doc.gov/index.php/policy-guidance/lists-of-parties-of-concern/entity-list>

Hurtado, J. (2023, May 23). Guerra de microchips: China bloquea al estadounidense Micron por “riesgos de ciberseguridad” - Economía. France 24. Retrieved December 9, 2023, from <https://www.france24.com/es/programas/econom%C3%ADa/20230523-guerra-de-microchips-china-bloquea-al-estadounidense-micron-por-riesgos-de-ciberseguridad>

Lee, J., & Goh, B. (2023, May 22). La prohibición de China a la empresa estadounidense Micron reaviva la tensión comercial entre las potencias. Infobae. Retrieved December 9, 2023, from <https://www.infobae.com/america/mundo/2023/05/22/la-prohibicion-de-china-a-la-empresa-estadounidense-micron-reaviva-la-tension-comercial-entre-las-potencias/>

main frame, for Automatic Computing Engine (ACE) pilot model, 1949. (n.d.). Science Museum Group Collection. Retrieved December 7, 2023, from <https://collection.sciencemuseum-group.org.uk/objects/co62378/main-frame-for-automatic-computing-engine-ace-pilot-model-1949-mainframe-computer>

Marín, J. L. (2023, March 9). Los principales fabricantes de microchips del mundo - Mapas de El Orden Mundial - EOM. El Orden Mundial. Retrieved December 7, 2023, from <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/principales-fabricantes-microchips-mundo/>

Mártil, I. (2021, November 26). ¿Cómo de pequeños son los transistores de un chip? Opinión en Público. Retrieved December 7, 2023, from <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2021/11/26/como-de-pequenos-son-los-transistores-de-un-chip/>

Miller, C. (2022). Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology. Simon & Schuster.

Perez, M. A., & Bejerano, P. G. (n.d.). El microchip, un hito de la tecnología. Blog Think Big. Retrieved December 7, 2023, from <https://blogthinkbig.com/historia-del-microchip>

Perez, M. A., & Bejerano, P. G. (n.d.). El microchip, un hito de la tecnología. Blog Think Big. Retrieved December 12, 2023, from <https://blogthinkbig.com/historia-del-microchip>

Presentación de PowerPoint. (n.d.). Grupo GEMIS. Retrieved December 7, 2023, from https://grupogemis.com.ar/wp-content/uploads/2021/08/Historia_Evolucion_Microprocesadores.pdf

Qué es la Ley de Moore y por qué es tan importante en tu PC. (2023, September 21). HardZone. Retrieved December 7, 2023, from <https://hardzone.es/reportajes/que-es/ley-de-moore/>

Romero, I. (2022, May 18). Litografía: Qué es y cómo funciona. Profesional Review. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.profesionalreview.com/2022/05/18/litografia-que-es/>

Romero, I. (2022, August 3). Cómo se fabrica un chip: explicación PASO a PASO 2023. Professional Review. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.profesionalreview.com/2022/08/03/como-se-fabrica-un-chip/>

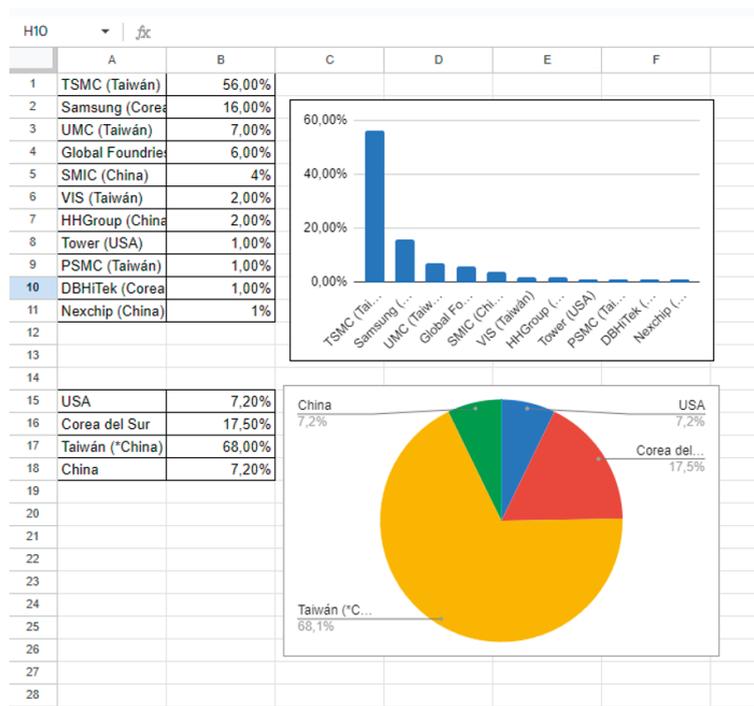
Semiconductor Processing: Chemical Mechanical Planarization. (n.d.). HORIBA. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.horiba.com/int/semiconductor/process/chemical-mechanical-planarization-cmp/>

Sterling, T., Freifeld, K., & Alper, A. (2023, March 8). Dutch to restrict semiconductor tech exports to China, joining US effort. Reuters. Retrieved December 7, 2023, from <https://www.reuters.com/technology/dutch-responds-us-china-policy-with-plan-curb-semiconductor-tech-exports-2023-03-08/>

Tomé, C., & Lewis, G. (2020, May 12). Impurezas dopantes — Cuaderno de Cultura Científica. Cuaderno de Cultura Científica. Retrieved December 12, 2023, from <https://culturacientifica.com/2020/05/12/impurezas-dopantes/>

8. ANEXOS

En este apartado se incluye el análisis numérico de la cuota de mercado desarrollada en el apartado de “Producción de microchips a nivel mundial”, realizado en una hoja Excel.



Acercando la computación cuántica.

¿Se puede entender la computación cuántica sin tener un grado universitario en física?

Alberto Rodríguez-Solano Rodríguez

Tutora: Paola Pucci

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi tutora Paola Pucci, por su dedicación y su ayuda en todo este proyecto de investigación.

A mi madre y a mi hermana por haberme acompañado en todo momento, haberme apoyado y animado.

A Pablo Díez Valle, por ayudarme a iniciar este trabajo y resolver todas las dudas que la computación cuántica me ha generado.

Agradecimientos	358
Resumen	360
Abstract	360
Justificación	360
Marco Teórico	360
Capítulo 1 - El problema de la computación clásica	360
Capítulo 2 - Mecánica Cuántica	361
Capítulo 3 - Ordenadores cuánticos	361
3.1 Hardware	361
3.2 Software	362
3.2.1 Código binario	362
3.2.2 Que es un bit	363
Capítulo 4 - Circuitos cuánticos	363
4.1 Qué es un qubit	363
4.2 Cómo se lee un qubit	365
4.3 Puertas cuánticas	367
4.3.1 Puerta X	367
4.3.2 Puerta Y	368
4.3.3 Puerta Z	368
4.3.4 Puerta H	368
4.3.5 Puerta CNOT	369
Objetivos	369
Metodología empleada	369
1. La muestra utilizada	369
2. El material.	370
3. El procedimiento.	371
Recogida de datos	371
1. Clasificación según la edad del sujeto	372
2. Clasificación según el enfoque académico del sujeto	372
Análisis de datos	372
1. Conocimientos sobre física cuántica antes de la actividad	372
2. Conocimientos sobre computación cuántica antes de la actividad	373
3. Puntuación del cuestionario posterior a la actividad	374
Conclusiones	376
Limitaciones y próximas líneas de investigación	377
Referencia bibliográficas	377

RESUMEN

La computación cuántica es un nuevo enfoque en el campo de la computación que surgió a finales del siglo pasado y se diferencia de la computación clásica por la forma de procesar la información permitiendo cálculos más rápidos y algoritmos mejor optimizados. En lugar del bit utilizado en la computación clásica, la unidad fundamental de información en la computación cuántica es el qubit. Mediante el aprovechamiento de las propiedades cuánticas de las partículas subatómicas, la computación cuántica permite el desarrollo de algoritmos cuánticos altamente eficientes que mejoran significativamente los tiempos de computación. En este documento, presentaremos los principios fundamentales de la computación cuántica y explicaremos algunos de los algoritmos cuánticos más reconocidos, además de analizar una serie de datos obtenidos en distintos experimentos que certifiquen o desmientan la hipótesis de este trabajo de investigación “se puede enseñar computación cuántica a cualquier persona sin importar sus estudios o su edad.”

Palabras clave: bit, qubit

ABSTRACT

Quantum computing is a new approach in the information technology field that emerged in the late of the XX century and has a lot of differences between classical information technology. Instead of using a bit, the quantum computers use the qubit “quantum bit”. By harnessing the quantum properties of subatomic particles, quantum computers enable the development of highly efficient quantum algorithms that can significantly improve computing times. In this document, we will present the fundamental principles of quantum computing and explain some of the most recognized quantum algorithms. Additionally, we will analyze a series of data obtained from various experiments that either confirm or refute the hypothesis of this research work, which states that “quantum computing can be taught to anyone regardless of their educational background or age.”

JUSTIFICACIÓN

La computación cuántica es algo completamente novedoso, y aunque hoy en día estamos en una etapa muy lejana

a un mundo completamente dominado por la computación cuántica, algún día, llegaremos a la normalización de esta, gracias a la aparición de ordenadores híbridos con dos procesadores, uno cuántico y otro clásico, que nos permita realizar cálculos muy complejos. Por ello, decidí comprobar si estamos listos a esta revolución y seríamos capaces de aprender a usar los ordenadores que puede que en un futuro todos tengamos en nuestras casas. Además, después de analizar varios documentos, me fijé que nadie había investigado acerca de cómo se podría enseñar esta computación cuántica a personas que no cursan un grado universitario especializado. Por todo esto decidí crear una hipótesis “se puede enseñar computación cuántica a cualquier persona sin importar sus estudios o su edad” y comprobarla de una manera experimental.

MARCO TEÓRICO

Capítulo 1 - El problema de la computación clásica

Hoy en día todo el mundo usa o ha usado un ordenador para realizar alguna tarea o trabajo, o simplemente para comunicarse con alguien en otro lugar del mundo. Estos ordenadores tienen una cosa en común, y es su sistema binario. Los ordenadores clásicos usan 1 y 0 para poder realizar todas las operaciones y cálculos y así poder mostrarte imágenes, videos o puedas mandar un correo electrónico. Estos ceros y unos se llaman bits.

Estos ordenadores sólo pueden usar un sistema binario porque este representa el flujo de corriente, siendo 0 no pasa corriente y 1 pasa corriente. Una vez tenemos la información en binario la podemos sumar, multiplicar, restar o dividir dependiendo de lo que nos convenga. Y utilizando distintas puertas lógicas podemos realizar cualquier operación que se nos ocurra. Pero estos ordenadores están limitados.

Para problemas muy grandes y muy complejos, un ordenador clásico no es capaz de solucionarlo en un tiempo “humano”, ya que llegan a tardar 1000 años. Para solucionar estos grandes problemas se ha empezado a crear los ordenadores cuánticos, que según los cálculos, serían capaces de resolver dichos problemas en tiempo record además de facilitar la vida a muchos investigadores. Pero antes de entender que es un ordenador cuántico, tenemos que entender la física que utiliza, la mecánica cuántica.

Capítulo 2 - Mecánica Cuántica

Nuestro universo, cuando hablamos de física, podemos dividirlo en dos mundos diferentes: el mundo clásico y el mundo cuántico. El mundo clásico es en el que vivimos, y ocupa desde el tamaño más colosal que puedas imaginarte, hasta una molécula. En este mundo, los objetos se comportan de una manera muy sencilla, si dejamos un coche en el parking 1A, al volver a por él, si nadie lo ha movido, va a seguir estando ahí. O viendo un objeto en movimiento podemos saber la velocidad que lleva o incluso predecir su trayectoria o saber por dónde ha estado en el pasado. Pero cuando bajamos a distancias menores que un átomo, el mundo subatómico, encontramos el mundo cuántico. Este mundo es muy diferente al nuestro y aparecen sucesos que son muy difíciles de entender, pero para ello, y para poder luego entender el funcionamiento de los ordenadores cuánticos, usaremos algunas metáforas y nos olvidaremos un poco de las matemáticas.

Tengo que aclarar que son metáforas o explicaciones del mundo cuántico como si fueran cosas del mundo clásico, por lo que siempre usaré en estos casos la palabra “parece” (“partículas que parecen estar en dos lugares a la vez”, “comunicaciones que parecen superar la velocidad de la luz”) realmente no va a haber partículas que están en dos lugares diferentes al mismo tiempo, ni que se transmita información a velocidades mayores a la velocidad de la luz, ni partículas que son ondas y partículas al mismo tiempo. Ya que imaginemos que vivimos en un país donde solo conocemos los gatos y los perros, y viajamos a África y encontramos a un guepardo, nosotros seguramente digamos que es como un gato pero más grande que un perro. Pero realmente no es ni gato ni perro, es un guepardo. Con la cuántica sucede lo mismo, por ejemplo sabemos qué es una onda y qué es una partícula, pero cuando miramos el comportamiento de un electrón por ejemplo, diremos que se comporta a veces como una onda y otras como una partícula, pero realmente se comporta como un electrón. Una vez aclarado esto podemos continuar.

La mecánica cuántica fue una idea revolucionaria que permitió explicar de manera muy precisa las mediciones que se tomaban de los distintos átomos. Sobre todo para solucionar el problema de la radiación del cuerpo negro. Pero además, la mecánica cuántica era capaz de explicar cómo funcionaba un átomo como su estructura con el des-

cubrimiento del neutrón. Pero lo más importante, explicó cómo reaccionan distintas partículas y átomos entre ellos.

La mecánica cuántica era capaz de explicar todo esto gracias al uso del mundo cuántico, un mundo subatómico. En este, todo giraba en torno a pura probabilidad universal, donde la velocidad y posición de una partícula podía variar cada vez que se media. Este mundo aleatorio y probabilístico generó incluso rechazo en varios genios de la época como Albert Einstein pero que antes de morir lo llamó el mayor error de su vida. Las propiedades de este mundo cuántico son las que hemos podido manejar y usar a nuestro favor para construir máquinas más potentes, como es el caso de los ordenadores cuánticos.

Capítulo 3 - Ordenadores cuánticos

En un ordenador cuántico tenemos que diferenciar dos partes: la parte externa, la cual vamos a llamar Hardware (como en los ordenadores comunes) y la parte donde todos los cálculos se ejecutan, la verdadera parte cuántica, la cual vamos a llamar Software.

3.1 Hardware

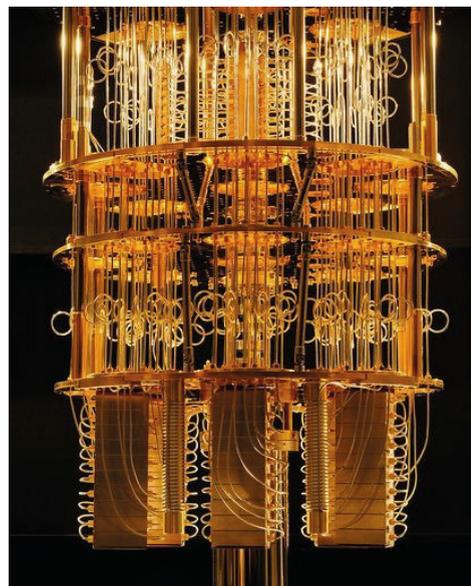


Figura 1, Hardware de un ordenador cuántico.
Fuente: Silicon.es

El Hardware de un ordenador cuántico es muy grande y muy complejo, llegando a alcanzar los 2 metros de alto y actualmente el ordenador cuántico más potente tiene alrededor de 1124 qubits y se espera que para el 2024 se llegue a los

1386 qubits (*IBM - España, s. f.*). Un qubit es la unidad de procesamiento de un ordenador cuántico y viene de la abreviación de quantum bit, es decir, bit cuántico. Un bit es lo que usa nuestros ordenadores clásicos para realizar sus operaciones y es la unidad más pequeña de medida, esta puede medir 1 o 0 y a base de combinar muchos bits en lo que se conoce como código binario podemos generar cualquier número, operarlo y con números decimales podemos generar desde texto, colores o incluso sonidos. Un ordenador clásico común, como puede ser el que tenemos en casa, tiene millones y millones de bits. Entonces ¿cómo es posible que en un pequeño portátil tengamos tantísimos bits y en un ordenador cuántico de 2 metros de alto tenga 1124 qubits?

Esto es porque los qubits para que funcionen necesitan una temperatura unas milésimas por encima del cero absoluto, ya que para que aparezcan las propiedades cuánticas los qubits deben de estar muy fríos, además de que es necesario usar superconductores para mantener los qubits en funcionamiento. Para eso se usa helio líquido, una estructura que usa dos metales aislantes superconductores (NIS) y una cámara de vacío. La cámara de vacío reduce significativamente la cantidad de partículas en la zona donde se almacenan los qubits. Luego, cuando se llega a una presión límite por parte de la resistencia estructural se empieza a enfriar los qubits con el siguiente sistema: se usa el helio líquido para reducir la energía de los electrones de la placa con los qubits y se usa las dos placas NIS, que al administrarles un voltaje, hacen que los electrones con energía relativamente alta salgan del metal hacia un superconductor mientras que los electrones de baja energía son suministrados desde un superconductor al metal. Gracias a esto se puede hacer un “desagüe” de los electrones con más energía y mantener siempre la zona de los qubits con electrones con muy poca energía (*Quantum Hardware | IBM Research, 2023b*).

3.2 Software

3.2.1 Código binario

El código binario es el que usan los ordenadores para escribir cualquier cosa y poder comunicarse con nosotros o hacer cálculos. Este código se diferencia por usar únicamente 0 y 1. Igual que en el sistema de numeración decimal, cuando llegamos al 9 y queremos añadir otro número empezamos

una nueva columna (la columna de las decenas) con el segundo dígito de nuestro sistema de numeración (el 1) y en la columna donde teníamos el 9 (la columna de las unidades) el primer dígito de nuestro sistema de numeración (el 0). Con el binario pasa algo parecido. Cuando tenemos un 1 y queremos añadirle otro número añadimos una nueva columna con el segundo dígito del sistema de numeración binaria (el 1) y en las “unidades” colocamos el primer dígito (el 0) quedándonos 10. ¿Y para qué sirve el sistema binario? Pues gracias al sistema binario podemos hacer las matemáticas que conocemos, las cuales se basan en el sistema decimal, con únicamente dos estados, siendo muy fácil la construcción de estos estados.

Para pasar de un número binario a decimal multiplicamos por el dígito en binario de la columna más alta por un 2 elevado al número de la columna donde se encuentra ese dígito, esto se realiza con todas las columnas y posteriormente se suma el resultado, es decir, vamos a dar a cada dígito un número n . Este número va a tener el valor de la posición del dígito empezando por el 0. Por ejemplo en el número 101, el primer 1, al ser el primer dígito, le asignaremos un número $n=0$. Al 0, al ser el segundo dígito le asignaremos un número $n=1$, y al último 1 le asignaremos un $n=2$. Ahora con esto debemos hacer una suma de tantos 2 como dígitos haya, y elevar cada uno por un número n . En el ejemplo anterior, al tener tres dígitos, debemos sumar tres 2, $(2+2+2)$, y cada uno elevarlo a un número n correspondiente $(2^2 + 2^1 + 2^0)$. Finalmente debemos multiplicar cada número 2 por el número que tenga cada dígito del binario. Quedando $2^2 \times 1 + 2^1 \times 0 + 2^0 \times 1$.

Si nos fijamos el 2^0 lo multiplicamos por 1, porque en el número 101, el dígito con número $n=0$ vale 1, el segundo dígito vale 0 y el tercer dígito vale otra vez 1.

Otro ejemplo, si nos encontramos el número en binario 1101, Para pasarlo a decimal multiplicamos el 1 de más de la izquierda por 2^n siendo $n=3$ ya que la columna más alta es la cuarta, y si empezamos a contar desde el 0, la cuarta columna tendría un valor de 3. Por lo que al hacer la multiplicación nos quedaría 2^3 . Ahora multiplicaremos el siguiente dígito, en este ejemplo el siguiente 1, por 2^n siendo esta vez $n=2$, ya que la tercera columna al empezar a contar desde 0 esta tendría $n=2$. Al multiplicar nos quedaría 2^2 . Repetimos este proceso en las dos columnas que nos quedan obteniendo en la segunda columna un 0, ya que

$0 \times 2^1 = 0$. Y un 2^0 en la primera columna ya que $1 \times 2^0 = 2^0$. Una vez terminado habría que sumar todo

$$2^3 + 2^2 + 2^0 = 8 + 4 + 1 = 13$$

Quedando entonces que 1101 en binario es igual a 13 en decimal. Con esta conversión seríamos capaces de hacer cualquier operación matemática.

Pero un ordenador no lo tiene tan sencillo, ya que él no puede sumar así de fácil, necesita un dispositivo que le ayuda a sumar las tiras de números binarios “escritos” en condensadores. Para eso actualmente se usa el transistor.



Figura 2, Transistor, Elaboración propia

El transistor ha ayudado muchísimo a la creación de ordenadores con el tamaño de un pequeño portátil o incluso un móvil, ya que actualmente somos capaces de producir transistores de 14 nm, por lo que podemos poner muchísimos de estos para hacer una cantidad enorme de cuentas matemáticas sin ocupar mucho espacio, como ocurría antes de su invención con las válvulas de vacío (Figura 3).



Figura 3, Válvula de vacío. Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:5C3Ss.jpg>

3.2.2 Que es un bit

El bit es la unidad más pequeña de información en un ordenador clásico. Este es capaz de almacenar una infor-

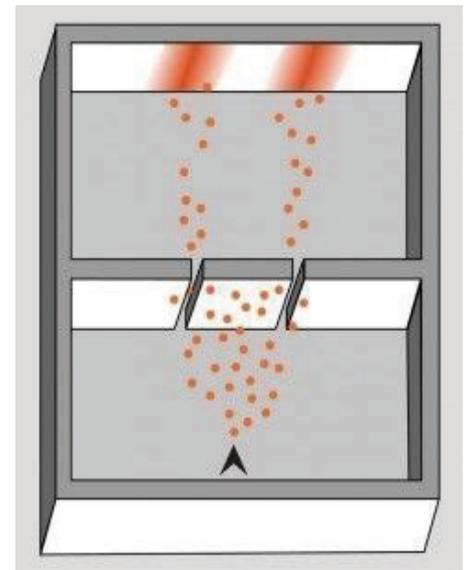
mación en 1 o en 0, siendo 1 un estado de encendido y 0 un estado de apagado. Estos bits se pueden hacer de miles de maneras como con condensadores, si tenemos un condensador cargado es un 1, y si está descargado es un 0. Jun-tando varios condensadores en diferentes estados podemos generar un número en binario. Y como hemos explicado anteriormente con números en binario podemos represen-tar números en decimal y calcularlos, lo que nos permite generar y procesar toda la información de un ordenador.

Capítulo 4 - Circuitos cuánticos

4.1 Qué es un qubit

Un qubit proviene de “quantum bit” que traducido al español significa bit cuántico. Esto es lo que un ordenador cuántico usa para hacer sus cálculos y aunque tenga un punto de parecido con un bit es bastante diferente. Lo primero es saber cómo funciona este. Un qubit es capaz de tomar valores entre 1 y 0 pero parece que “puede tomar ambos valores a la vez” (Nannicini, 2020, p. 7). Esta capacidad es gracias a la mecánica cuántica, exactamente lo que se llama superposición cuántica. Para entender mejor cómo funciona vamos a hacer un experimento mental que es una simplificación del experimento de la doble rendija (The Feynman Lectures on Physics Vol. III Ch. 1: Quantum Behavior, s. f.). Nuestro experimento mental consta de 3 experimentos diferentes. Experimento número 1: imaginemos que tenemos un muro de hormigón con dos rendijas lo suficientemente grandes como para que una pelota de tenis quepa entre ellas. Y al final de las rendijas encontramos una pared con una pantalla donde cada impacto en ella se marcará con un punto.

Figura 4, representación del caso 1 mencionado anteriormente. Fuente: <https://institucional.us.es/blogimus/2019/04/y-las-on-das-se-convirtieron-en-particulas/>



Al iniciar el primer experimento empezaremos a lanzar pelotas de tenis entre las rendijas, y dependiendo de la puntería de cada uno, más o menos pelotas entrarán por las rendijas, mientras otras rebotarán. Una vez lanzadas infinitas pelotas, al acercarnos a la pantalla, veremos que se han generado dos montones de puntos donde las pelotas han impactado. Estos montones están justamente detrás de las rendijas y podemos ver que casi ninguna pelota ha impactado en la pantalla en un lugar diferente a ambos montones. Esto sucede porque como cabe imaginar, las pelotas que hayan atravesado la pared de hormigón por las rendijas han continuado en una dirección recta hacia la pantalla, ya que no hay nada entre medias que pueda ocasionar un desvío.

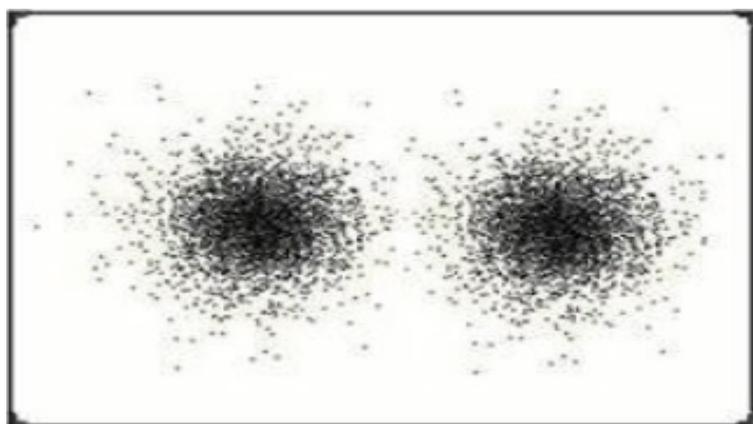


Figura 5. Recreación de la pantalla tras acabar el experimento 1.
Fuente: <https://astrometrico.es/2020/05/18/experimento-doble-rendija-explicacion/>

Ahora vamos con el experimento número 2. Vamos a usar la misma estructura que en el experimento número 1, una pantalla donde detectemos los impactos y un muro con dos rendijas. Esto último va a variar un poco, y es que en este experimento en lugar de lanzar pelotas de tenis vamos a colocar una fuente de luz apuntando hacia las dos rendijas, pero para que el experimento funcione, la doble rendija debe ser ahora más pequeña. Exactamente entre ambas rendijas debe haber la misma distancia que la longitud de onda de la fuente de luz que vamos a utilizar. Para aclarar, la luz se comporta como una onda, igual que el agua cuando una piedra impacta sobre ella, por lo que la longitud de onda de la luz es lo que definimos como la distancia entre los dos picos de la onda.

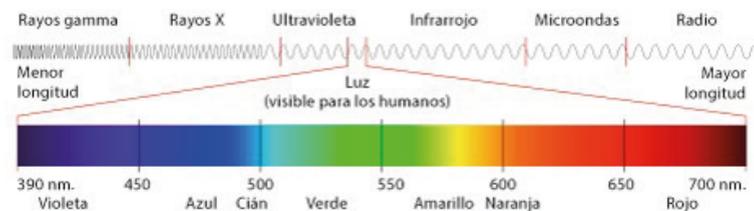


Figura 6. Distintas longitudes de onda posibles para una fuente de luz.
Fuente: http://www.glosariografico.com/espectro_electromagnetico

Para hacerlos más fáciles de imaginar, vamos a decir que nuestra fuente de luz es de color rojo. Por lo que su longitud de onda será de 700 nanómetros (nm). Así que la distancia entre ambas rendijas debe ser la misma, 700 nm.

Ahora vamos con el experimento, encendemos la fuente de luz y la onda lumínica empezará a viajar hacia las dos rendijas. Cuando llegue a estas, la onda entrará a la vez por la rendija de la derecha, como de la izquierda. Esto porque es una onda y estaría presente en ambas rendijas a la vez. Una vez atravesada las rendijas se generarán dos subondas desde cada una de ellas, y ambas ondas viajan hacia la pantalla entrelazadas, por lo que habrá partes donde ambas ondas se cancelan y otras donde se suman, generando en la pantalla partes con luz y partes con sombra.

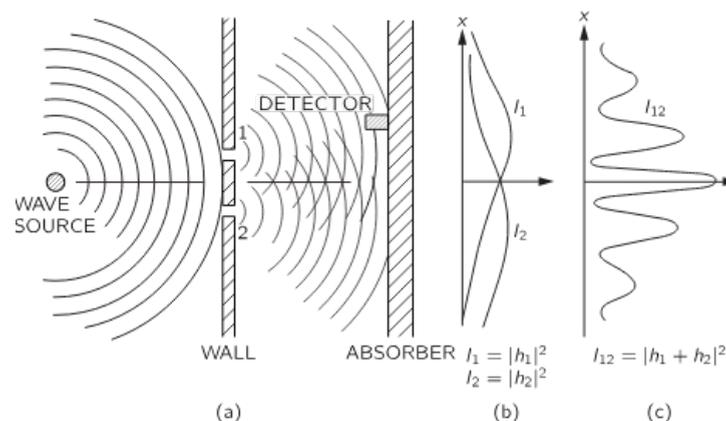


Figura 7. Recreación del experimento número 2. Fuente: https://www.feynmanlectures.caltech.edu/III_01.html



Figura 8. Recreación de la pantalla tras acabar el experimento 2. Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Young%27s_two-slit_experiment_and_Lloyd%27s_mirror.png

El patrón de la figura 8 lo llamaremos patrón de interferencia.

Ahora vamos con el último experimento, el experimento número 3. Para este vamos a usar la misma configuración que el experimento número 2, pero en lugar de usar una fuente de luz, vamos a colocar una máquina que sea capaz de lanzar electrones de manera completamente aleatoria, dando una posibilidad del 50% de que el electrón, tras ser disparado, pase por la rendija derecha, y 50% de que pase por la rendija izquierda. Pero como los electrones son muy pequeños para poder verlos con el ojo humano, nosotros no sabremos si el electrón ha pasado por la rendija de la derecha o de la izquierda. Empezamos el experimento, por lo que activamos la máquina. Al inicio va bastante bien, se lanza un electrón y en la pantalla vemos un punto negro. Continúa el experimento lanzando infinitos electrones, y al acabar observamos la pantalla.

Sería lógico esperar que en la pantalla se hubieran generado dos montones como en la figura 5 del experimento número 1, ya que el 50% había pasado por la rendija de la izquierda y el otro 50% por la derecha. Pero al observar la pantalla vemos como se han generado más de 2 montones con puntos negros, sin coincidir con la posición de ambas rendijas.

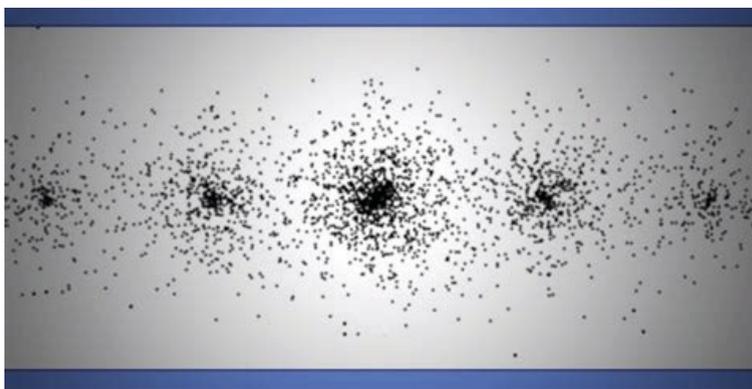


Figura 9. Recreación de la pantalla en el experimento número 3.
Fuente: <http://revista.cdsantodomingo.com/?p=1761>

Si nos fijamos bien, es un patrón de interferencia. Y esto solo es posible si los electrones han pasado por la rendija de la izquierda y por la derecha a la vez, en el mismo instante de tiempo, igual que si fuera una onda. Pero no son una onda, son una partícula. Esto causó un gran choque entre los científicos de la época, por lo que para solucionar la duda de si realmente los electrones habían pasado por ambas ren-

dijas a la vez se decidió colocar unos detectores en ambas rendijas e ir apuntando el resultado. Así si el electrón pasara por la rendija de la izquierda, el detector se iluminará y sabremos que realmente ese electrón paso por la izquierda. Sin embargo, si un electrón pasara por ambas rendijas a la vez, ambos detectores se iluminarán. Por lo que con esta nueva modificación en el experimento se volvió a repetir.

Al iniciar nuevamente el experimento, se podía comprobar como el electrón era disparado y era detectado en únicamente un detector, por lo que no parecía que el electrón pasara por ambas rendijas. Al terminar el experimento, los datos de los detectores indican que ningún electrón pasó por ambas rendijas a la vez, sino que solo era capaz de pasar por una rendija. Pero al fijarnos en la pantalla el resultado había cambiado, ahora no encontrábamos el resultado de la figura 8, sino que encontrábamos el resultado de la figura 5. Este experimento se llevó a cabo en la vida real, pero es mucho más complejo que lanzar un electrón hacia dos rendijas. Pero el resultado es el mismo, y aunque se repitió varias veces para asegurar que el resultado no variaba por culpa de algo externo e incluso se probó con distintas partículas, siempre se salía que el experimento sin detectores daba lugar a un patrón de interferencia, mientras que el experimento con detectores daba lugar a un patrón estándar. Esto actualmente se puede explicar de la siguiente manera: “Una partícula se comportara como una onda siempre que ningún observador esté presente, en el momento que este esté presente, la partícula se comportara como tal.”

Esta característica es la que usa un qubit para funcionar, y es que aprovecha esta ley para conseguir que se encuentre tanto en un estado de 0 como en un estado de 1 al mismo tiempo.

4.2 Cómo se lee un qubit

El qubit, al tener dos estados que pueden estar superpuestos, no se puede leer como un bit normal. Para leer un qubit existen principalmente dos maneras.

La primera que vamos a ver es con la notación bra-ket y state vectors (Nannicini, 2020, pp. 7-11). Los state vectors son unas matrices de únicamente dos números que expresan la probabilidad de obtener un estado u otro de un qubit, siendo 1 un 100% y 0 un 0%.

$$|0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Figura 10. Un qubit en estado 0 y un qubit en estado 1 escritos con vectores de Dirac. Fuente: https://qiskit.org/documentation/tutorials/circuits_advanced/03_advanced_circuit_visualization.html

Al observar la figura 10 podemos observar dos igualdades, la primera es de un qubit en estado fundamental 0. Para asegurar que lo que estamos midiendo es un qubit, este se tiene que poner entre dos paréntesis extraños llamados Bra-kets, que al momento de leerlo se pronuncia Bra- (y el interior de los paréntesis). En este caso, se leería Bra-Cero($|0\rangle$). Además ese cero dentro de los Bra-kets nos indica desde el principio que el qubit tiene un valor fundamental de 0. Al lado derecho de la igualdad con el Bracero, se encuentra la matriz representando un state vector. Los state vector son vectores representado probabilidad, pero esta no solo tiene una magnitud, sino que también tiene una fase, todo esto está representado en una matriz. Básicamente una matriz es una “caja” donde puede contener varios números. En este caso tenemos sólo dos números. El número superior indica la probabilidad de obtener un cero al medir dicho qubit (siendo 0 un 0% y 1 un 100%). El qubit de la parte inferior indicará la probabilidad de obtener un uno al medir el qubit. Hay que aclarar que la suma de ambos números de un state vector debe ser igual a uno, es decir, que la suma de ambas probabilidades siempre será de un 100%. Por lo que en la figura 9 vemos primero que el Bra-cero($|0\rangle$) tiene una probabilidad del 100% de medir un estado de cero, mientras que el Bra-uno($|1\rangle$) tiene una probabilidad del 100% de medir un estado de uno.

La siguiente manera de leer un qubit es con una esfera de Bloch (Dür & Heusler, 2013, pp. 2-3). Esta manera es mucho más visual y se trata de representar de manera gráfica el estado de un qubit, para ello se usa una esfera y una flecha dentro de esa esfera.

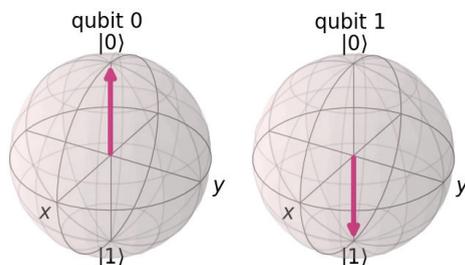


Figura 11. Dos esferas de Bloch una con valor fundamental de 0 y la otra con valor fundamental de 1. Elaboración propia

En la figura 11 podemos ver dos de las esferas de Bloch. Si nos fijamos podemos observar que la flecha roja apunta hacia un $|0\rangle$, indicando que el qubit 0 tiene una probabilidad del 100% de que al medirlo se obtenga un estado fundamental 0. Sin embargo, el qubit 1, tiene una probabilidad del 100% de que al medirlo se obtenga un estado fundamental 1. Si la flecha se encontrara en la mitad de la esfera, indicaría que el qubit tiene una probabilidad del 50% de que al medirlo se obtenga un valor fundamental 0 y un 50% de que al medirlo se obtenga un valor fundamental 1.

Para saber la probabilidad de un qubit se puede hacer de dos maneras. La primera sería usando los state vectors y las matrices de distintas puertas cuánticas usadas en el circuito para calcular la probabilidad del qubit. Esto es algo muy complicado ya que son matemáticas avanzadas donde se usan tanto matrices complejas como números complejos, por lo que no lo vamos a ver en este proyecto. Sin embargo si vamos a ver cómo actúan las puertas cuánticas más básicas de una manera visual. La otra manera de saber la probabilidad de un qubit es realizando un circuito y después midiendo el qubit en el estado final muchas veces, repitiendo el circuito muchas veces, obteniendo una serie de datos de mediciones del qubit lo que puede ayudar para saber más o menos que estado tiene.

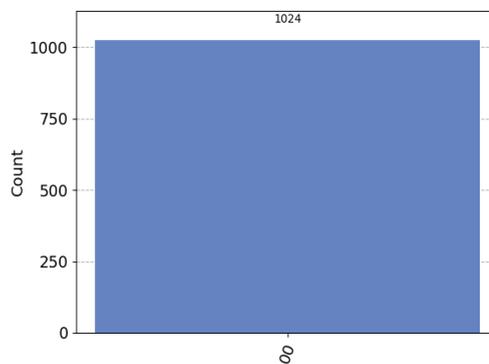


Figura 12. Gráfica expresando el resultado obtenido al medir dos qubits 1024 veces. Elaboración propia

En la Figura 12, en el eje x se representan las combinaciones que se pueden obtener al medir un número “n” de qubits. En el eje y se representa las veces que se ha medido dicha combinación. En este caso se puede ver que al medir dos qubits un total de 1024 veces, el 100% de las veces ambos qubit han tenido un estado de 0, por lo que podemos saber que ambos qubits equivalen a un $|00\rangle$. Además por eso solo vemos en el eje x “00”, ya que las demás combinacio-

nes (01,10,11) se han medido un total de 0 veces, asique no están representados en la figura 12.

Para el siguiente punto aparecerán algunas indeterminaciones de 50% probabilidad de medir 0 y 50% probabilidad de medir 1. Cómo para escribir todo esto usaremos la escritura matemática, vamos a explicarla antes y así se puede entender más fácilmente. Como hemos visto, con los state vectors conseguimos una matriz, pues bien, esa matriz es importante para crear la flecha roja dentro de una esfera de Bloch. Como expliqué anteriormente, la suma de cada parte de la matriz de un qubit debe sumar 1, esto es para conseguir que la flecha de la esfera de Bloch tenga una longitud de 1 y llegue a tocar el extremo de la esfera, consiguiendo así una esfera de Bloch válida para representar un qubit. Pues bien, no es exactamente así. Realmente la suma de ambos números de la matriz no debe dar 1, sino que el módulo de ambos números debe dar 1.

Este detalle lo obviaba ya que estábamos trabajando con 1 y 0, por lo que el módulo y la suma era lo mismo. Pero para escribir matemáticamente un qubit con una indeterminación del 50/50, debemos usar el módulo.

El módulo no es más que la raíz de la suma de ambos números al cuadrado ($\sqrt{a^2+b^2}$) por lo que si tenemos una indeterminación con una probabilidad del 50% de medir 0, y una probabilidad del 50% de medir 1, a y b son iguales, por lo que sí sabemos que el módulo debe valer 1 y que a y b deben ser iguales podemos calcular cuanto valen a y b para escribir con notación bra-ket y state vectors. A continuación se encuentra como se calcula:

$$\sqrt{a^2 + b^2} = 1; (si a = b) \Rightarrow \sqrt{a^2 + a^2} = 1; \sqrt{2a^2} = 1; \sqrt{2} \cdot a = 1; a = \frac{1}{\sqrt{2}} = b$$

Ya sabemos que $a y b = 1/\sqrt{2}$ por lo que ya podemos completar el vector de dirac de un qubit (q_0) con una indeterminación con una probabilidad del 50% de medir 0 y 50% de medir 1, pero para escribirlo aun mejor, si $1/\sqrt{2}$ es "igual" a 50%, podemos escribir que $q_0 = |0\rangle \cdot 1/\sqrt{2} + |1\rangle \cdot 1/\sqrt{2}$. Básicamente aquí está diciendo que nuestro qubit (q_0) es la suma de 50% un estado $|0\rangle$ y 50% un estado $|1\rangle$. Ya solo falta simplificarlo un poco y nos quedaría como se escribiría un qubit en ese estado de indeterminación 50/50: $q_0 = (|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2}$. A partir de ahora siempre que mencione

una indeterminación con probabilidad del 50% de obtener 0 y 50% de obtener 1 lo haré con esta igualdad: $q_0 = (|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2}$

4.3 Puertas cuánticas

Una vez explicados el funcionamiento de los qubits y como se leen, vamos a abordar como son los circuitos cuánticos. En computación cuántica, al trabajar con una cantidad de qubits muy pequeña por las limitaciones tecnológicas actuales, los circuitos están preparados para trabajar con cada qubit de manera individual.

q_0 —

q_1 —

Figura 13. Ejemplo de un circuito básico con dos qubits. Elaboración propia

En la figura 13 podemos ver un circuito cuántico con dos qubits (q_0 y q_1). q_0 y q_1 son los dos qubits que contiene este circuito, y ambos empiezan siempre con un valor de Bra-cero. Después podemos ver una línea que sigue cada qubit, esta línea es donde vamos a colocar nuestras puertas cuánticas para modificar el valor del qubit. En este documento únicamente vamos a ver las 5 puertas más importantes y básicas, pero en la computación cuántica hay muchas más puertas cuánticas.

4.3.1 Puerta X

Vamos a empezar por las puertas cuánticas de Pauli. Estas son tres. La primera es la puerta X.

q_0 — [X] —

q_1 —

Figura 14. Un circuito con dos qubits y una puerta X. Elaboración propia

Esta puerta genera que gire la flecha de la esfera de Bloch sobre el eje X.

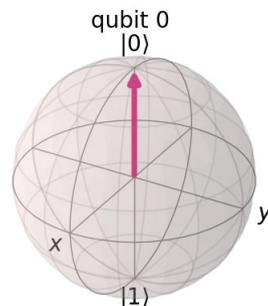


Figura 15. Una esfera de Bloch con valor de $|0\rangle$. Elaboración propia

Si nos fijamos en la esfera de Bloch, esta tiene tres ejes. El eje X, el eje Y, y el eje Z. Este último es el vertical. Por lo que en el caso de la figura 15, si le aplicamos una puerta X, la flecha va a rotar 180° sobre el eje X, dando así una esfera de Bloch con la flecha en el $|1\rangle$ y con una probabilidad del 100% en el uno, como en la figura 16.

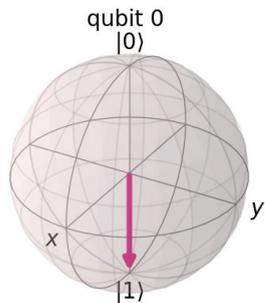


Figura 16. Una esfera de Bloch con un valor de $|1\rangle$. Elaboración propia

Valor inicial qubit	Valor final qubit
0	1
1	0

Tabla 1. Valores de un qubit antes y después de aplicar una puerta X

4.3.2 Puerta Y

La siguiente puerta de Pauli es la puerta Y, esta para nosotros va a ser casi idéntica a una puerta X, ya que esta realiza un giro de 180° pero en el eje Y. Como en este documento no vamos a tratar probabilidades con números complejos ni probabilidades muy complicadas, podemos decir que para nosotros si tenemos un qubit en el estado de la figura 15 ($|0\rangle$) y le aplicamos una puerta Y, llegaremos al estado de la figura 16 ($|1\rangle$)

Valor inicial qubit	Valor final qubit
0	1
1	0

Tabla 2. Valores de un qubit antes y después de aplicar una puerta Y

4.3.3 Puerta Z

La última puerta de Pauli que vamos a ver es la puerta Z. Esta puerta es capaz de girar un qubit 180° en el eje Z. Por lo que a nosotros casi no nos va a afectar, ya que al trabajar el 99% del tiempo con bra-uno y $|0\rangle$, la puerta Z no va a cambiar el estado del qubit, únicamente su signo.

Valor inicial qubit	Valor final qubit
0	0
1	-1

Tabla 3. Valores de un qubit antes y después de aplicar una puerta Z

4.3.4 Puerta H

La siguiente puerta que vamos a ver es una de las más importantes de la computación cuántica, esta es la puerta H.

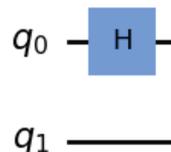


Figura 17. Puerta H aplicada en un circuito de 2 qubits. Elaboración propia

Mientras que las puertas vistas anteriormente no realizaban ningún cambio “cuántico” al qubit, pareciéndose más a algunas usadas en la computación clásica como la NOT. La puerta H es capaz de conseguir indeterminaciones, transformando un $|0\rangle$ en $q0 = (|0\rangle + |1\rangle) / \sqrt{2}$, pero si partimos de un $|1\rangle$ tendríamos que $q0 = (|0\rangle - |1\rangle) / \sqrt{2}$, es decir, en lugar de una suma tendríamos una resta. Esto sucede ya que la puerta H en la esfera de Bloch hace rotar la flecha 90° en el eje Y, y siempre hace el giro hacia el mismo sentido, por lo que la figura 18 sería un $|0\rangle$ donde se le ha aplicado una puerta H, y la figura 19 un $|1\rangle$ donde se le ha aplicado una puerta H también.

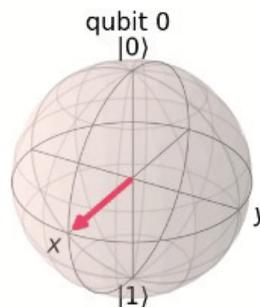


Figura 18, una puerta H aplicada a un $|0\rangle$. Elaboración propia

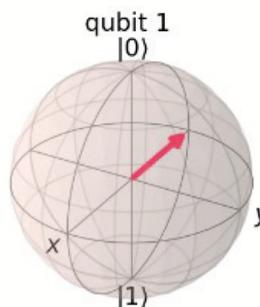


Figura 19, una puerta H aplicada a un $|1\rangle$. Elaboración propia

Si nos fijamos, en la figura 18, la flecha apunta hacia la izquierda, pero en la figura 19 apunta hacia la derecha. Lo que quiere decir que cambia el signo al escribir dicho qubit de manera matemática.

4.3.5 Puerta CNOT

La última puerta que vamos a ver es la puerta CNOT. Esta puerta es una que en lugar de actuar en 1 qubit (como todas las puertas vistas anteriormente), actúa sobre 2 qubits.

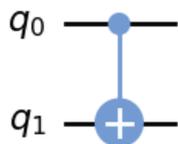


Figura 20. Una puerta CNOT aplicada en un circuito de 2 qubits. Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 20, la puerta CNOT consta de dos partes: la parte con el círculo azul más pequeño se llama control, y la parte con el círculo azul más grande y un símbolo de “más” adentro se llama objetivo. El funcionamiento de esta puerta es bastante sencillo, y básicamente utiliza el entrelazamiento cuántico. El entrelazamiento cuántico es una propiedad cuántica que pueden obtener dos partículas. Cuando dos partículas están entrelazadas cuánticamente, el resultado al medir una partícula afecta al resultado de la otra partícula inmediatamente sin importar la separación de ambas partículas. Esto puede parecer incluso que al medir una partícula, la información viaja a la otra partícula más rápido que la velocidad de la luz, aunque realmente no es así.

Para que se entienda mejor, si nosotros tenemos un calcetín rojo y otro calcetín azul. Al meter cada uno de los calcetines en una caja y separarlas 1000 años luz. Si al abrir una de las cajas encontramos el calcetín rojo, entonces podemos deducir que en la otra caja se encuentra el calcetín azul. Aquí no hay una transmisión de información a velocidades superiores a la luz, sin embargo, somos capaces de saber que hay dentro de la otra caja sabiendo que tenemos en nuestra caja.

Volviendo a la puerta CNOT, esta puerta realiza un entrelazamiento cuántico entre el qubit de control y el qubit objetivo. Consiguiendo que si al medir el qubit de control sale un valor de 1, entonces directamente en el qubit objetivo se va a realizar una puerta X. Es decir, si el qubit 1 tiene un valor de $|1\rangle$ y el qubit 2 un valor de $|0\rangle$. siendo el qubit 1

el qubit de control y el qubit 2 el qubit objetivo, al llegar a la puerta CNOT, el qubit 1 tendrá un valor si o si de 1. Así que la puerta se “activará” y aplicaría una puerta X en el qubit 2. Por lo que al medir finalmente el qubit 2, en lugar de tener un valor de $|0\rangle$, tendrá un valor de $|1\rangle$ (Watrous, s. f.-c).

OBJETIVOS

En el presente trabajo, se intenta demostrar que la computación cuántica y las propiedades cuánticas que utiliza se pueden enseñar a cualquier alumno.

Para cumplir con este objetivo en particular tenemos que satisfacer una serie de puntos importantes:

- Realizar una actividad con distintos alumnos que aborde los temas más imprescindibles de la computación cuántica y realizar una recogida de datos de lo que fueron capaces de entender.
- Analizar los datos obtenidos y compararlos con su edad y estudios anteriores
- Demostrar que en un futuro se podría impartir algo sobre la computación cuántica en los centros educativos

METODOLOGÍA EMPLEADA

En el presente trabajo, se utiliza una metodología de carácter cuantitativo. En concreto, el tipo de muestreo que se ha empleado es uno probabilístico con un carácter de muestreo aleatorio simple. Esto se debe a que los alumnos de la ESO, Bachillerato y todos los profesores del centro, en el que se ha llevado a cabo, tenían la misma probabilidad de ser seleccionados para hacer el cuestionario. En los siguientes apartados se expone la encuesta realizada, el material y el procedimiento, así como las diferentes técnicas de análisis de datos.

1. La muestra utilizada

La recogida de datos se realizó en el IES Guadarrama, de la localidad de Guadarrama, durante el curso 2022/2023. Este centro, imparte clases de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), Bachillerato y Formación Profesional a estudiantes de Guadarrama y de localidades cercanas; entre ellas, Becerril de la Sierra y Collado Mediano. En esta investigación se ha contado con un total de 125 voluntarios.

En el gráfico 1 se puede ver la distribución según la edad de los entrevistados.

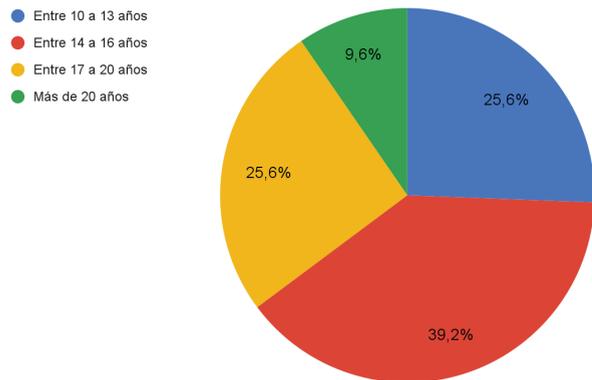


Gráfico 1.

2. El material.

Primero se realizó una actividad con una duración de 2 horas a grupos de alumnos de entre 20-30 estudiantes y profesores.

La actividad contaba con una presentación para tener un apoyo visual durante toda la actividad (Presentacion clase ordenadores cuanticos 4 ESO y 1º Bach). Esta actividad iniciaba con un cuestionario donde se les preguntaba sobre su conocimiento previo de la física cuántica y los ordenadores cuánticos respondiendo a los siguientes apartados:

- ¿Sabes que es la física cuántica?
- Explica con tus propias palabras qué sabes sobre la física cuántica
- ¿Conoces el término “computación cuántica”?
- ¿Qué conoces sobre la computación cuántica?

El muestreo de esta encuesta va a ser expuesto más tarde con unas gráficas, para que podamos ver cuál era el conocimiento inicial de los participantes.

Luego la actividad continuaba con una introducción a la física cuántica y al mundo cuántico, mostrando sus características y las propiedades más importantes. Después se explicaba como funcionaba un ordenador clásico. Finalmente se les enseñó cómo funcionaba un ordenador cuántico, desde la creación y construcción de un qubit, hasta cómo leerlos y programar varios circuitos cuánticos. La actividad también constaba de prácticas, donde los participantes tenían que programar ellos mismos distintos circuitos cuánticos en sus ordenadores (Mi primer circuito cuántico). Finalmente se realizaba un cuestionario donde se preguntaba a los participantes, qué habían entendido sobre la actividad y

algunas preguntas sobre la propia actividad. Este cuestionario se debía rellenar en función de los siguientes apartados:

- ¿Qué es un qubit? (es la unidad básica de un ordenador cuántico, es capaz de tomar valores entre 0 y 1 (ambos incluidos); es una unidad de tiempo para medir la velocidad de un ordenador clásico; es la unidad básica de un ordenador clásico; ninguna de las anteriores)
- ¿Cómo se puede representar/escribir un qubit? Marca todas las posibles (con fuerzas electromagnéticas; con la esfera de Bloch; con su velocidad; con state vectors; notación Bra-Ket)
- ¿Qué puerta aparece en este circuito (Figura 21) y cuál es su función? (una puerta H, sirve para girar el qubit en su eje Z; una puerta X, sirve para girar el qubit en su eje X; Una puerta CNOT, sirve para girar un qubit objetivo en su eje X dependiendo de un qubit de control; no se que puerta es)
- ¿Para qué sirve la puerta H? (crea una superposición cuántica generando que un qubit en estado fundamental (1 o 0) obtenga la probabilidad de medir un estado fundamental 1 o 0 de una manera aleatoria (50/50); sirve para silenciar un qubit; crea un nuevo qubit de lado opuesto al original; funciona igual que una puerta Y)
- ¿Qué ocurre si se mide un qubit en estado de superposición cuántica? (lue el qubit no cambia su estado y se mantiene en un estado de superposición cuántica; el qubit se rompe; es equivalente a realizar una puerta Z sobre ese qubit; el qubit colapsa, cambia a un estado fundamental de 0 o 1)
- En este circuito (Figura 22), observando la puerta CNOT, ¿Qué qubit es el control y cuál es el objetivo? (el primer qubit es el control y el segundo el objetivo; el segundo qubit es el control y el primero el objetivo; ambos son objetivos; ambos son qubits de control; ninguna opción es correcta; todas son correctas)
- ¿En qué estado se encuentra el siguiente qubit (Figura 23)? (1; 0; $(1/\sqrt{2})(|0\rangle+|1\rangle)$ [superposición 50/50]; $e^{i\pi/4}|0\rangle$)
- ¿Cuántos qubits como mínimo tiene que tener un circuito para poder sumar 2 qubits? (1, 2, 3, 4, 5)
- Marque la opción D (A, B, C, D)
- Para que un ordenador cuántico en la vida real funcione, ¿A qué temperatura debe estar? (Por debajo del

0 absoluto; a la temperatura de ebullición del agua; a 576K; a temperaturas de orden de unas milésimas por encima del cero absoluto)

- ¿Cómo se puede hacer un qubit en la vida real? (Con el espín de un electrón; con la polaridad de la luz; con un átomo artificial; todas las anteriores son correctas; ninguna es correcta)
- ¿Para qué se podría usar un ordenador cuántico?

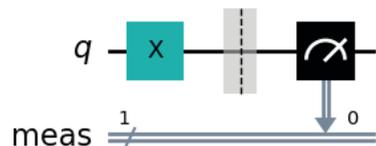


Figura 21, imagen de la pregunta 3. Elaboración propia

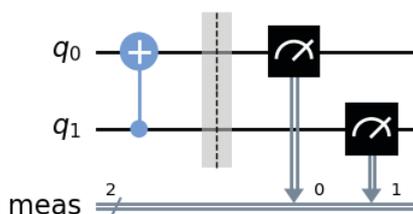


Figura 22, imagen de la pregunta 6. Elaboración propia

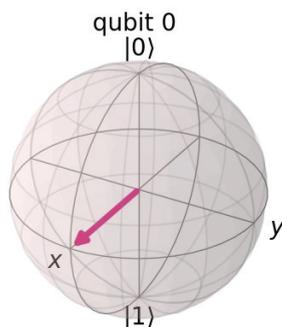


Figura 23, imagen de la pregunta 7. Elaboración propia

Esta encuesta también va a ser expuesta más tarde con unas gráficas, para que podamos ver claramente si la hipótesis de este trabajo está o no en lo cierto.

3. El procedimiento.

Una vez aprobada la temática del trabajo por el comité evaluador de los proyectos de investigación, se pasó a obtener conocimientos sobre la computación cuántica y a crear los cuestionarios y la presentación para poder empezar a realizar las actividades con los estudiantes y profesorado del centro. Entre la tutora del presente trabajo de investigación y el autor de este nos encargamos de organizar la clase, horas y participantes para realizar la actividad. Esto fue de lo más costoso ya que había que conseguir dos horas seguidas en el mismo aula y con los mismos participantes.

Una vez obtenido el muestreo, los datos fueron trasladados a una tabla, en la que, a su vez, se organizaron en distintas tablas dinámicas con las que se exponen los datos de una forma más visual acompañándolas de distintas gráficas.

Al final nos fue imposible seguir aumentando el número de datos, pero al tener los suficientes para llevar a cabo el análisis de los mismos, empezó la parte de la redacción del presente proyecto.

RECOGIDA DE DATOS

Los resultados de este trabajo están organizados según la edad de los participantes, el inclinamiento a qué tipo de estudios están más interesados (estudios científicos o estudios humanísticos) y si los participantes han cursado alguna asignatura sobre tecnología. A su vez, pasada esta clasificación se dividen en función de sus conocimientos previos a la actividad y al resultado obtenido en el cuestionario al final de la actividad.

Esto se refleja claramente en la tabla 4 con la que nos podemos hacer una idea contrastando los distintos rangos de edad con los conocimientos sobre la física cuántica antes de iniciar la actividad.

Cuestionario previo a la actividad: ¿Sabes qué es la Física Cuántica? relacionado con la edad										
	Rango de edad									
	10-13		14-16		17-20		Más de 20		Total general	
Si	1	3,13%	12	24,49%	2	6,25%	5	41,67%	20	16,00%
No	31	96,88%	37	75,51%	30	93,75%	7	58,33%	105	84,00%
Total general	32	100,00%	49	100,00%	32	100,00%	12	100,00%	125	100,00%

Tabla 4

1. Clasificación según la edad del sujeto

Muchas de las tablas se encuentran distribuidas según la edad del participante, ya que consideramos que es uno de los datos de mayor importancia a la hora de clasificar el trabajo.

Clasificando los datos, en función del grupo de edad al que pertenezcan los encuestados, nos podemos hacer una idea de cómo ha sido esa evolución, porque, como acabamos de ver en la tabla 4, cuanto mayor es la edad mayor fue el conocimiento de física cuántica pero en todos los rangos de edad, la mayoría desconocían sobre la física cuántica, ▶

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos fueron clasificados, como hemos podido ver en el apartado anterior, en grupos antes y después de realizar la actividad.

1. Conocimientos sobre física cuántica antes de la actividad

Cuando se les preguntó a los encuestados antes de realizar la actividad sobre sus conocimientos de física cuántica estas fueron las respuestas: ▶

Cuestionario posterior a la actividad: resultados relacionados con la inclinación educativa de cada participante										
	Inclinación educativa									
	Ciencias		Humanidades		Tecnología		Ninguna		Total general	
Menos que 4	4	14,81%	5	18,52%	0	0,00%	5	41,67%	14	18,67%
4	1	3,70%	7	25,93%	4	44,44%	1	8,33%	13	17,33%
5-6	14	51,85%	11	40,74%	4	44,44%	4	33,33%	33	44,00%
7-8	7	25,93%	4	14,81%	1	11,11%	2	16,67%	14	18,67%
9-10	1	3,70%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	1,33%
Total general	27	100,00%	27	100,00%	9	100,00%	12	100,00%	75	100,00%

Tabla 5

Cuestionario previo a la actividad: ¿Sabes qué es la Física Cuántica? relacionado con la edad										
	Rango de edad									
	10-13		14-16		17-20		Más de 20		Total general	
Si	1	3,13%	12	24,49%	2	6,25%	5	41,67%	20	16,00%
No	31	96,88%	37	75,51%	30	93,75%	7	58,33%	105	84,00%

Tabla 6

Si tenemos en cuenta el total de encuestados, podemos afirmar que únicamente el 16% de los participantes tenían conocimientos sobre física cuántica. Mientras que si tenemos en cuenta el rango de edad, el 41,67% de los participantes mayores de 20 años conocían la física cuántica, siendo este el grupo con el mayor porcentaje de “si”, pero este grupo fue un grupo muy pequeño, por lo que no podemos concluir nada. Sin embargo el grupo con el rango de edad de entre 10 y 13 años son los que menos conocimientos de cuántica tenían. Este resultado es de esperar puesto que todavía no han accedido a una educación más específica sobre química y física.

Pero si comparamos la misma pregunta pero según la inclinación educativa de cada participante vemos lo siguiente:

además es relevante destacar como del grupo de los más jóvenes hay uno que sí que sabía que era la física cuántica.

2. Clasificación según el enfoque académico del sujeto

Al tratarse de un tema científico, si organizamos los datos según el enfoque académico de cada participante, podemos observar si hay alguna relación entre la nota de la encuesta final o los conocimientos previos a la actividad. Por ejemplo en la tabla 5, donde se relaciona el enfoque académico y la nota obtenida en el último cuestionario. ▼

Cuestionario previo a la actividad: ¿Sabes qué es la Física Cuántica? relacionado con la inclinación educativa										
Inclinación educativa										
	Ciencias		Humanidades		Tecnología		Ninguna		Total general	
Si	11	29,73%	4	8,89%	1	6,25%	4	14,81%	20	16,00%
No	26	70,27%	41	91,11%	15	93,75%	23	85,19%	105	84,00%
Total general	37	100,00%	45	100,00%	16	100,00%	27	100,00%	125	100,00%

Tabla 7

En este caso tampoco podemos observar ninguna superioridad de conocimientos relacionados con el grupo de inclinaciones educativas de cada participante, aunque sí es posible observar cómo el grupo con el porcentaje más alto de conocimientos sobre física cuántica previos a la prueba es el de ciencias. Esto tiene sentido ya que generalmente las personas que prefieren estudios académicos científicos investigan sobre algún tema entre las materias, y actualmente suele ser frecuente encontrarte con varias noticias y temas sobre la física cuántica.

Como se puede observar en el gráfico 2, a escalas generales la mayoría de la gente no conocía nada la física cuántica antes de realizar la actividad.

Recuento de ¿Sabes que es la física cuántica?

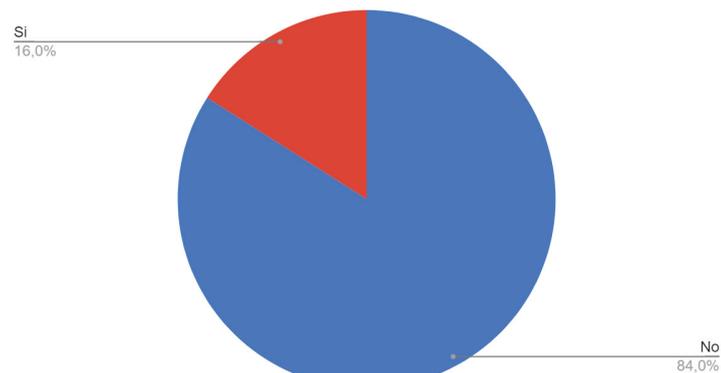


Gráfico 2

2. Conocimientos sobre computación cuántica antes de la actividad

Cuando nos paramos a analizar las tablas en respuesta a la pregunta "¿Conoces el término "computación cuántica"?" observamos que los porcentajes varían respecto a las pregunta sobre los conocimientos previos de física cuántica.

Cuestionario previo a la actividad: ¿Conoces el término "computación cuántica" relacionado con la edad										
Rango de edad										
	10-13		14-16		17-20		Más de 20		Total general	
Si	3	9,38%	15	30,61%	5	15,63%	3	25,00%	26	20,80%
No	29	90,63%	34	69,39%	27	84,38%	9	75,00%	99	79,20%
Total general	32	100,00%	49	100,00%	32	100,00%	12	100,00%	125	100,00%

Tabla 8

Cuestionario previo a la actividad: ¿Conoces el término "computación cuántica" relacionado con la inclinación educativa										
Inclinación educativa										
	Ciencias		Humanidades		Tecnología		Ninguna		Total general	
Si	11	29,73%	5	11,11%	3	18,75%	7	25,93%	26	20,80%
No	26	70,27%	40	88,89%	13	81,25%	20	74,07%	99	79,20%
Total general	37	100,00%	45	100,00%	16	100,00%	27	100,00%	125	100,00%

Tabla 9

Al observar la diferencia de los porcentajes entre ambas tablas que relacionan las respuestas con el rango de edad, podemos afirmar que los porcentajes de los participantes que conocen el término de computación cuántica antes de realizar la actividad se ven incrementados en todos los rangos excepto en el de los mayores de 20 años, en este último rango, los porcentajes decrecen. Esto es algo esperado, ya que la computación cuántica es un término muy reciente y en el instituto IES Guadarrama se realizaron incluso algunas actividades sobre ello. Por lo que los alumnos del centro han estado más expuestos a dicho término, mientras que los mayores de 20 años, al no estar cursando en el centro y estar más alejados temporalmente de la computación cuántica, no han escuchado sobre el tema.

Al fijarnos en la tabla 9, podemos confirmar que en los participantes de tecnología aumenta el porcentaje de personas que dicen conocer el término de computación cuántica. Esto sucede ya que la mayoría de las actividades que se realizaron en el centro IES Guadarrama sobre la computación cuántica fueron realizadas desde el departamento de TICO para sus alumnos. También se puede observar un incremento en el porcentaje de los participantes con ninguna inclinación educativa.

En términos generales, hay un incremento del 4,7% en cuanto a los conocimientos de computación cuántica respecto a los conocimientos de física cuántica. Es un resulta-

do curioso, puesto que para conocer y entender la computación cuántica necesitas tener un mínimo de conocimientos sobre física cuántica, por lo que, de hecho, el resultado debería ser justo el opuesto, es decir, que hubiese una mayor cantidad de “si” en la pregunta sobre física cuántica respecto a la pregunta de computación cuántica.

Recuento de ¿Conoces el termino "computación cuántica"?

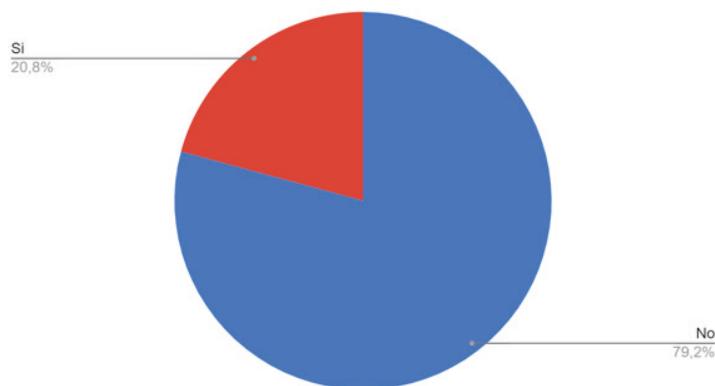


Gráfico 3

3. Puntuación del cuestionario posterior a la actividad

Tras realizar la actividad se realizó un cuestionario donde reunía distintas preguntas las cuales para responderlas era necesario haber entendido la actividad. Con estos resultados podemos comprobar la hipótesis.

Cuestionario posterior a la actividad: resultados relacionados con la edad										
	Rango de edad									
	10-13		14-16		17-20		Más de 20		Total general	
Menos que 4	1	33,33%	5	12,82%	7	33,33%	1	8,33%	14	18,67%
4	2	66,67%	6	15,38%	5	23,81%	0	0,00%	13	17,33%
5-6	0	0,00%	19	48,72%	7	33,33%	7	58,33%	33	44,00%
7-8	0	0,00%	8	20,51%	2	9,52%	4	33,33%	14	18,67%
9-10	0	0,00%	1	2,56%	0	0,00%	0	0,00%	1	1,33%
Total general	3	100,00%	39	100,00%	21	100,00%	12	100,00%	75	100,00%

Tabla 10

El grupo de 10-13 años lo vamos a descartar puesto que no tenemos una cantidad considerable de participantes en ese grupo (3 personas)

Distribución de los resultados posteriores a la actividad relacionados con la edad del participante

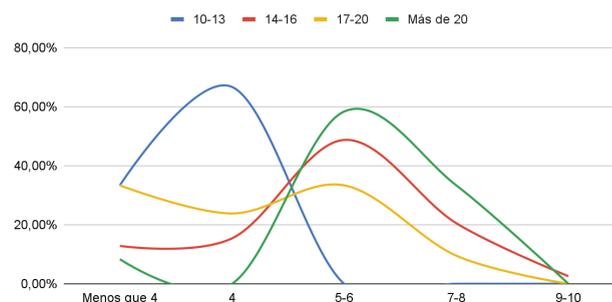


Gráfico 4

Cuestionario posterior a la actividad: media y desviación típica de los resultados relacionados con el rango de edad de los participantes							
Rango de edad							
10-13		14-16		17-20		Más de 20	
Me-dia	Des-viación Típica	Me-dia	Des-viación Típica	Me-dia	Des-viación Típica	Me-dia	Des-viación Típica
3,33	1,15	5,38	1,71	4,29	1,71	5,92	1,44

Tabla 11

En la tabla 10 se puede observar como el 64% de los participantes tras realizar la actividad sacaron una nota mayor o igual al 5. El único grupo con más de 10 personas que ha obtenido la mayoría suspensos (el 57,14%) es el grupo con un rango de edad entre 17 y 20 años por culpa de la resistencia al aprendizaje.

Si nos fijamos en el gráfico 4, podemos observar que en todos los grupos excepto el de 17 a 20 años se genera una campana de Gauss bastante definida, donde en ambas la media se encuentra aprobada (5,38 y 5,92). Podemos destacar la campana de Gauss entre las edades de 14 y 16 años. Esta campana es la más “pura”, probablemente porque estas edades tienen una menor resistencia al aprendizaje. Mientras

que en el grupo de 17 a 20 años, podemos observar como la mayoría de los participantes suspendieron con una media aritmética de 4,29, además fijándonos en los extremos de la gráfica, podemos ver que hay muchas más participantes que se encuentran en el extremo izquierdo (las notas más bajas) respecto al extremo derecho (las notas más altas)

El siguiente gráfico muestra de manera más visual el porcentaje de aprobados y el porcentaje de suspenso de los participantes de la actividad en términos generales.

- Aprobados
- Suspenso

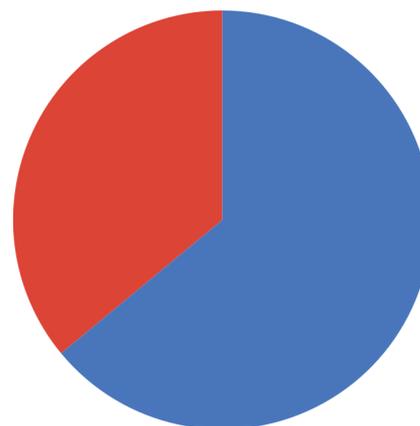


Gráfico 5

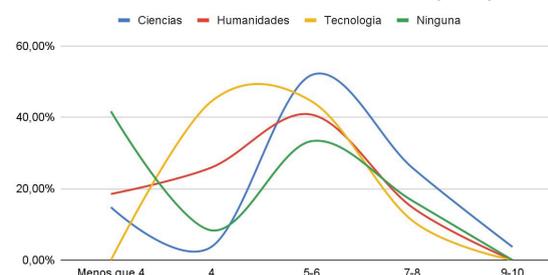
Cuestionario posterior a la actividad: resultados relacionados con la inclinación educativa de cada participante										
Inclinación educativa										
	Ciencias		Humanidades		Tecnología		Ninguna		Total general	
Menos que 4	4	7,41%	5	18,52%	0	0,00%	5	20,83%	14	18,67%
4	1	1,85%	7	25,93%	4	22,22%	1	4,17%	13	17,33%
5-6	14	25,93%	11	40,74%	4	22,22%	4	16,67%	33	44,00%
7-8	7	12,96%	4	14,81%	1	5,56%	2	8,33%	14	18,67%
9-10	1	1,85%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	1,33%
Total general	27	50,00%	27	100,00%	9	50,00%	12	50,00%	75	100,00%

Tabla 12

Cuestionario posterior a la actividad: media y desviación típica de los resultados relacionados con la inclinación educativa de cada participante							
Rango de edad							
10-13		14-16		17-20		Más de 20	
Media	Desviación Típica	Media	Desviación Típica	Media	Desviación Típica	Media	Desviación Típica
3,33	1,15	5,38	1,71	4,29	1,71	5,92	1,44

Tabla 13

Distribución de los resultados posteriores a la actividad relacionados con la inclinación educativa de cada participante



CONCLUSIONES

Como podemos observar en el análisis de datos, después de realizar la actividad se ha comprobado que más del 50% de los participantes obtuvieron una puntuación superior al 5, lo que significa que la mayoría de los participantes fueron capaces de aprobar el examen. ¿Pero existe alguna relación entre su edad o su inclinación educativa con el resultado de la prueba? ¿El número de participantes es suficiente para comprobar la hipótesis?

¿Existe relación entre la edad y el resultado de la prueba?

Para comprobarlo vamos a realizar la prueba del chi cuadrado. Primero debemos definir la hipótesis nula (no hay relación entre la edad y la nota de la prueba posterior a la actividad) y la hipótesis alternativa (existe una relación entre la edad y la nota de la prueba posterior a la actividad)

Luego debemos crear una tabla con la frecuencia observada entre las dos variables (edad y la nota obtenida). Para ello usaremos la tabla 10. También necesitamos una tabla de frecuencia esperada si ambas variables son independientes (Tabla 14).

	10-13		14-16		17-20		Más de 20		Total general	
Menos que 4	0,56	18,67%	7,28	18,67%	3,92	18,67%	2,24	18,67%	14	18,67%
4	0,52	17,33%	6,76	17,33%	3,64	17,33%	2,08	17,33%	13	17,33%
5-6	1,32	44,00%	17,16	44,00%	9,24	44,00%	5,28	44,00%	33	44,00%
7-8	0,56	18,67%	7,28	18,67%	3,92	18,67%	2,24	18,67%	14	18,67%
9-10	0,04	1,33%	0,52	1,33%	0,28	1,33%	0,16	1,33%	1	1,33%
Total general	3	100,00%	39	100,00%	21	100,00%	12	100,00%	75	100,00%

Tabla 14

Con estas dos tablas solo quedaría definir el porcentaje de error, en este caso vamos a usar un 5% de error y calcular el chi cuadrado y los grados de libertad.

El valor del chi-cuadrado viene dado por la siguiente fórmula:

$$\chi_c^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Al calcular nosotros el valor del chi cuadrado obtenemos un valor de 5,075. Si nos vamos a la tabla de distribución de chi cuadrado, para 12 grados de libertad y un valor de alpha del 5%, obtenemos que el valor crítico del chi cuadrado es de 21,026

Al ser el valor del chi cuadrado calculado por nosotros menor a su valor crítico hace que se cumpla la hipótesis nula: no hay relación entre la edad y la nota de la prueba posterior a la actividad

¿Existe relación entre la inclinación educativa del participante y el resultado de la prueba?

Para este cálculo vamos a realizar lo mismo que en el apartado anterior, vamos a usar un valor de alpha del 5% y vamos a utilizar la tabla 12 con los resultados de la frecuencia obtenida y la tabla 15 como los resultados de la frecuencia esperada.

	Ciencias		Humanidades		Tecnología		Ninguna		Total general	
Menos que 4	5,04	18,67%	5,04	18,67%	1,68	18,67%	2,24	18,67%	14	18,67%
4	4,68	17,33%	4,68	17,33%	1,56	17,33%	2,08	17,33%	13	17,33%
5-6	11,88	44,00%	11,88	44,00%	3,96	44,00%	5,28	44,00%	33	44,00%
7-8	5,04	18,67%	5,04	18,67%	1,68	18,67%	2,24	18,67%	14	18,67%
9-10	0,36	1,33%	0,36	1,33%	0,12	1,33%	0,16	1,33%	1	1,33%
Total general	27	100,00%	27	100,00%	9	100,00%	12	100,00%	75	100,00%

Tabla 15

Al calcular el chi cuadrado obtenemos un valor de 5,757 y el valor crítico del chi cuadrado con un valor de alpha del 5% y 12 grados de libertad es de 21,026. Por lo que se cumple la hipótesis nula: no hay relación entre la inclinación educativa de cada participante y la nota obtenida en la prueba después de la actividad.

Conclusión de la hipótesis principal

Al no tener una muestra lo suficientemente grande no podemos determinar si es posible enseñar la computación cuántica a cualquier persona, pero por los datos obtenidos y al ver que no existe relación entre ninguna de las variables y los resultados obtenidos en la prueba, la hipótesis queda desmentida. No es posible enseñar computación cuántica a cualquier persona.

LIMITACIONES Y PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La principal limitación encontrada en este proyecto ha sido el número de participantes, ya que necesitábamos grupos reducidos (no más de 40 personas) y que estuvieran dispuestos a realizar una actividad de dos horas de duración y que al ser realizada durante el periodo lectivo, los profesores que tuvieran clase con esos alumnos durante el transcurso de la actividad, tenían que darnos su permiso para retirarles la enseñanza de ese día. Sumando que necesitábamos también el uso de un aula en específico durante todo el tiempo que duraría la actividad. Por ello, fue difícil conseguir un número adecuadamente grande para que la hipótesis fuera comprobada.

Debido a los objetivos propuestos al inicio de la investigación y a las limitaciones que nos hemos encontrado, nos proponemos varias líneas de investigación que nos gustaría explorar en un futuro:

- Ampliar la muestra utilizada, tanto en el número de los participantes (ya que solo hemos podido analizar 125 resultados) como de manera geográfica (todos nuestros participantes provienen del mismo instituto).
- Probar diferentes metodologías de enseñanza para observar si alguna es más eficiente al intentar enseñar computación cuántica
- Explorar la necesidad de impartir la computación cuántica en los institutos en un futuro

- Indagar sobre los temas que se podrían impartir sobre computación cuántica y a que niveles educativos se podrían aplicar

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. Bell, J. S. (1964). On the Einstein Podolsky Rosen paradox. *Physics*, 1(3), 195-200. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1103/physicsphysiquefizika.1.195>
2. Bohm, D., & Aharonov, Y. (1957). Discussion of experimental proof for the paradox of Einstein, Rosen, and Podolsky. *Physical Review*, 108(4), 1070-1076. [En línea]. Disponible: https://www.physics.drexel.edu/~bob/Entanglement/Bohm_Aharonov_EPR.pdf
3. Brunner, N., Cavalcanti, D., Pironio, S., Scarani, V., & Wehner, S. (2014). Bell nonlocality. *Reviews of Modern Physics*, 86(2), 419-478. [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/1303.2849.pdf>
4. Bub, J. (2010). Von Neumann's 'No Hidden Variables' Proof: a Re-Appraisal. *Foundations of Physics*, 40(9-10), 1333-1340. [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/1006.0499v1.pdf>
5. Clauser, J. F., Horne, M., Shimony, A., & Holt, R. (1969). Proposed experiment to test Local Hidden-Variable theories. *Physical Review Letters*, 23(15), 880-884. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.23.880>
6. Dür, W., & Heusler, S. (2013). What we can learn about quantum physics from a single qubit. *arXiv (Cornell University)*. [En línea]. Disponible: <http://export.arxiv.org/pdf/1312.1463>
7. Einstein, A., Podolsky, B., & Rosen, N. (1935). Can Quantum-Mechanical description of physical reality be considered complete? *Physical Review*, 47(10), 777-780. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1103/physrev.47.777>
8. Fung, C. F., Qi, B., Tamaki, K., & Lo, H. (2007). Phase-re-mapping attack in practical quantum-key-distribution systems. *Physical Review A*, 75(3). [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0601115.pdf>
9. Gaasbeek, B. (2010). An introductory course on Quantum mechanics. *arXiv (Cornell University)*. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.48550/arxiv.1007.4184>
10. Genovese, M. (2005). Research on Hidden Variable Theories: A review of Recent progresses. *Physics Reports*, 413(6), 319-396. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2005.03.003>

11. Gisin, N., Fasel, S., Kraus, B., Zbinden, H., & Ribordy, G. (2006). Trojan-Horse attacks on quantum-key-distribution systems. *Physical Review A*, 73(2). [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0507063.pdf>
12. Giustina, M., Versteegh, M. A. M., Wengerowsky, S., Handsteiner, J., Hochrainer, A., Phelan, K., Steinlechner, F., Kofler, J., Larsson, J., Abellán, C., Amaya, W., Pruneri, V., Mitchell, M. W., Beyer, J., Gerrits, T., Lita, A. E., Shalm, L. K., Nam, S. W., Scheidl, T., . . . Zeilinger, A. (2015). Significant-Loophole-Free test of Bell's theorem with entangled photons. *Physical Review Letters*, 115(25). [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.115.250401>
13. Gu, X., Kockum, A. F., Miranowicz, A., Liu, Y., & Nori, F. (2017). Microwave photonics with superconducting quantum circuits. *Physics Reports*, 718-719, 1-102. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2017.10.002>
14. Hooft, G. ' . (2016). The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics. En *Fundamental theories of physics*. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-41285-6>
15. Horodecki, R., Horodecki, P., Horodecki, M., & Horodecki, K. (2009). Quantum entanglement. *Reviews of Modern Physics*, 81(2), 865-942. [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0702225.pdf>
16. Hüttner, B., Imoto, N., Gisin, N., & Mor, T. (1995). Quantum cryptography with coherent states. *Physical Review A*, 51(3), 1863-1869. [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/9502020.pdf>
17. IBM - España. (s. f.). [En línea]. Disponible: <https://www.ibm.com/es-es>
18. IBM Quantum Learning. (s. f.). [En línea]. Disponible: <https://learning.quantum.ibm.com/>
19. Koch, J., Yu, T. M., Gambetta, J., Houck, A., Schuster, D. I., Majer, J., Blais, A., Devoret, M., Girvin, S. M., & Schoelkopf, R. (2007). Charge-insensitive Qubit design derived from the Cooper Pair box. *Physical Review A*, 76(4).
20. Marra, P. (2022). Majorana Nanowires for Topological Quantum Computation. *Journal of Applied Physics*, 132(23). [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1063/5.0102999>
21. Nannicini, G. (2020). An introduction to quantum computing, without the physics. *Siam Review*, 62(4), 936-981. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1137/18m1170650>
22. Oriols, X., & Mompart, J. (2019). Overview of Bohmian Mechanics. En *Applied Bohmian Mechanics: From Nanoscale Systems to Cosmology* (pp. 19-166). [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/1206.1084.pdf>
23. PennyLane. (s. f.). [En línea]. Disponible: <https://pennylane.ai/>
24. Quantum Hardware | IBM Research. (2023b, diciembre 4). IBM Research. [En línea]. Disponible: <https://research.ibm.com/topics/quantum-hardware>
25. Roth, T. E., Ma, R., & Chew, W. C. (2023). The Transmon Qubit for Electromagnetics Engineers: An Introduction. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 65(2), 8-20. [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/2106.11352.pdf>
26. Sajeed, S., Minshull, C., Jain, N., & Makarov, V. (2017). Invisible Trojan-horse attack. *Scientific Reports*, 7(1). [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08279-1>
27. Sathyamoorthy, S. R., Stace, T. M., & Johansson, G. (2016). Detecting itinerant single microwave photons. *Comptes Rendus Physique*, 17(7), 756-765. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2016.07.010>
28. Tabuchi, Y., Ishino, S., Noguchi, A., Ishikawa, T., Yamazaki, R., Usami, K., & Nakamura, Y. (2016). Quantum Magnonics: The magnon meets the superconducting qubit. *Comptes Rendus Physique*, 17(7), 729-739.
29. The Feynman Lectures on Physics Vol. III Ch. 1: Quantum Behavior. (s. f.). [En línea]. Disponible: https://www.feynmanlectures.caltech.edu/III_01.html
30. Tittel, W., Brendel, J., Zbinden, H., & Gisin, N. (1998). Violation of bell inequalities by Photons more than 10 km apart. *Physical Review Letters*, 81(17), 3563-3566. [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/9806043.pdf>
31. Torre, A., Daleo, A., & García-Mata, I. (2000). The photon-box Bohr-Einstein debate demythologized. *European Journal of Physics*, 21(3), 253-260. [En línea]. Disponible: <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/9910040v1.pdf>
32. Watrous, J. (s. f.-c). Basics of Quantum Information | IBM Quantum Learning. <https://learning.quantum.ibm.com/course/basics-of-quantum-information>

LA COMPLEJIDAD DEL AGUA, UNA BEBIDA TAN IMPRESCINDIBLE COMO SORPRENDENTE

Sergio Ruiz del Barrio

Tutora: Pinar Molera Sanz

AGRADECIMIENTOS

A Pinar, mi tutora, de principio a fin. Me sugirió este tema de investigación, interesante y sencillo, con el que he aprendido y disfrutado mucho. Me has apoyado durante todo el año, ofreciéndome tu ayuda, corrigiendo mis errores, aportando ideas y consiguiendo las muestras de tu pueblo.

También quiero agradecer a mi familia y amigos por soportarme y tenerme en cuenta en todo momento.

Detrás del proyecto además están presentes el resto de profes que he tenido hasta el momento, gracias por transmitirme sus conocimientos y pasiones.

ÍNDICE

1. RESUMEN	382
2. ABSTRACT	384
3. INTRODUCCIÓN	384
4. JUSTIFICACIÓN	384
5. OBJETIVOS	385
6. METODOLOGÍA	385
7. MARCO TEÓRICO	385
7.1 ¿QUÉ ES EL AGUA?	385
7.2 CARACTERÍSTICAS.	385
7.3 AGUAS DE CONSUMO	387
7.3.1 TRATAMIENTOS	387
7.3.2 LEGISLACIÓN	387
7.3.3 PARÁMETROS DE CALIDAD	387
7.3.4 ORÍGENES DE AGUAS DE CONSUMO	390
7.4 LUGARES DE ANÁLISIS	391
7.5 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS	392
8. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS	394
8.1 HIPÓTESIS	394
8.2 MÉTODO EXPERIMENTAL	394
8.3 RECOGIDA DE DATOS	395
8.3.1 INCIDENCIAS EN LA RECOGIDA	399
8.4 ANÁLISIS DE DATOS	399
8.4.1 ANÁLISIS DE GUADARRAMA EN AGOSTO	399
8.4.2 ANÁLISIS DE GUADARRAMA EN NOVIEMBRE	400
8.4.3 ANÁLISIS DE SAN RAFAEL EN NOVIEMBRE	401
8.4.4 COMPARATIVA DE GUADARRAMA EN AGOSTO Y NOVIEMBRE	402
8.4.5 COMPARATIVA DE GUADARRAMA Y SAN RAFAEL EN NOVIEMBRE	403
8.4.6 COMPARATIVA DE GUADARRAMA EN AGOSTO Y SINAC	403
8.4.7 COMPARATIVA DE SAN RAFAEL EN NOVIEMBRE Y SINAC	404
8.5 DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA INVESTIGACIÓN	404
9. CONCLUSIONES	404
10. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	405
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	405
ANEXOS:	405

1. RESUMEN

Cuando pensamos qué es el agua, lo primero que se nos viene a la cabeza es un líquido transparente sin mucho misterio detrás. Sin embargo, contiene muchas más características de las que nos imaginamos. Por ese motivo, se ha llevado a cabo este trabajo de investigación, para conocer de cerca algo tan importante y sobre todo, descubrir qué hace que el agua sea potable.

Primero, se ha estudiado la composición y características del agua y se ha detallado la legislación de parámetros que deben cumplirse para su consumo.

Después, se ha recogido información de dos municipios cercanos, Guadarrama y San Rafael. Se recopilaron muestras de fuentes y grifos de Guadarrama durante el mes de agosto. Tres meses después, en noviembre, cuando la temperatura ha descendido, se volvieron a tomar muestras en los mismos puntos de Guadarrama y en el otro municipio, San Rafael.

Seguidamente se analizaron diferentes parámetros físico-químicos de dichas muestras, se metieron los valores paramétricos en hojas de google sheets y se compararon entre municipios, según la época del año y con los parámetros obtenidos del Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC).

Los resultados son muy homogéneos, con una variación de verano a otoño, mostrando una dependencia de parámetros en la temperatura y municipios.

Palabras clave: potable, agua, legislación, parámetros, físico-químicos, SINAC.

2. ABSTRACT

When we think about what water is, the first thing that comes to our minds is a transparent liquid without much mystery behind it. However, it contains many more characteristics than we imagine. For this reason, this research project has been carried out, to get a closer look at something so important and mainly, find out what makes water drinkable.

First of all, the composition and characteristics of water have been studied and the current legislation about what

parameters should be followed for its consumption has been detailed.

Secondly, information has been collected from two nearby municipalities, Guadarrama and San Rafael. Samples from fountains and taps have been collected from Guadarrama during the month of August. Three months later, during November, after temperature had dropped down, samples were picked up again in the same places of Guadarrama and from the other municipality, San Rafael.

Consecutively, different physico-chemical parameters from those samples were analyzed, parametric values were inserted in google sheets and comparisons were made between municipalities, according to the time of the year and parameters obtained from the National Drinking Water Information System (SINAC).

The results are quite homogeneous in general, with a variation of parameters from summer to autumn, showing the dependence of the parameters with the temperature and between municipalities.

Key words: drinkable, water, legislation, parameter, physico-chemical, SINAC.

3. INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido más abundante en la Tierra y el más necesario para todos los seres vivos. Aunque el agua la encontramos día a día en nuestras vidas, no nos damos cuenta de lo compleja que puede llegar a ser.

Damos por hecho que el agua de un charco o río no se puede beber porque pensamos que contendrá microorganismos malignos. Sin embargo, el agua aunque esté libre de bacterias, no significa que sea del todo potable. Deben ser tenidos en consideración los parámetros físico-químicos, los cuales son controlados para que el agua sea apta para el consumo.

En este trabajo se investigará qué es el agua, cuáles son los parámetros que hacen que el agua sea potable y la variación de distintos parámetros dependiendo de la fecha del año y lugar de procedencia.

4. JUSTIFICACIÓN

El agua es algo esencial en nuestras vidas, sin ella no podemos vivir, por ello a través de este trabajo se va a estudiar sus características.

Aunque es imprescindible para todos los seres vivos, necesitamos controles de calidad y una regulación para poder ingerirla.

Al principio quería hacer este trabajo de investigación de sustancias tóxicas, pero me di cuenta que el agua que bebemos día a día podía contener tóxicos perjudiciales para nosotros si no era tratada correctamente.

En esta investigación quiero descubrir si todas las aguas potables tienen las mismas propiedades fisicoquímicas y si son las correctas para poderla consumir.

5. OBJETIVOS

Para este trabajo he decidido marcar unos objetivos que alcanzar durante la investigación, por un lado están los objetivos generales:

- Conocer las propiedades fisicoquímicas del agua.
- Investigar la legislación vigente sobre las aguas de consumo y sus propiedades fisicoquímicas de calidad.
- Analizar y comparar parámetros fisicoquímicos de aguas de consumo humano de diferente origen: fuentes y municipios.

Por otro lado están los objetivos específicos:

- Determinar y diferenciar las propiedades dependiendo del origen.
- Comparar aguas de un mismo municipio en fechas del año distintas para observar si cambian sus propiedades con la temperatura.

6. METODOLOGÍA

Para esta investigación, se han realizado una serie de procedimientos para llevar a la práctica este estudio. Primero hubo una revisión bibliográfica para sacar información sobre el agua y sus propiedades fisicoquímicas y la legislación que se aplica a las aguas de consumo. Después,

se decidió que parámetros se iban a analizar y cuál iba a ser el método de muestreo. Con el propósito de luego realizar determinaciones experimentales de algunos parámetros para aguas de consumo de distinto origen y en diferente época del año (verano y otoño). Por último se procedió a analizar los resultados y compararlos para poder sacar conclusiones.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 ¿QUÉ ES EL AGUA?

El agua es el líquido de la vida, pues es esencial para todos los seres vivos. Según Miguel Auge, los humanos estamos compuestos de un 60% de agua si son jóvenes, 50% si son ancianos y 70% si son bebés (2007:1), lo que indica que sin ella no podríamos sobrevivir. Podemos definir el agua de varias maneras.

Un líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos (Real Academia Española, s.f., definición 1).

“Para la mayor parte de nosotros, incluso en las formas de vida urbana, el agua es un elemento que sale del grifo y desaparece por el desagüe. Confiamos en que estará disponible siempre que la necesitemos” (España Instituto de la Ingeniería de España, 1991:17).

7.2 CARACTERÍSTICAS.

El agua es una molécula (una unión estable entre varios átomos) que presenta un enlace covalente debido a que está formado por átomos no metálicos: el hidrógeno y el oxígeno. Esos átomos están unidos entre sí por la diferencia de electronegatividad, pues el hidrógeno es electropositivo y el oxígeno electronegativo. Comparten electrones entre ellos, debido a que es un enlace covalente. El agua se formula como H₂O.

Según Castro Martínez (2022), podemos deducir que el agua posee:

- ◆ Enlace: covalente sencillo.
- ◆ Tipo de enlaces: sigma (σ), solapamiento frontal.
- ◆ Polaridad: enlace polar y molécula polar.
- ◆ Tipo de hibridación y geometría: sp^3 , angular. (pág. 189-197)

Gutiérrez Ríos (1994) describe las siguientes características:

- ◆ Una participación de enlace iónico del 39% debido a un desplazamiento de carga negativa hacia el oxígeno.
- ◆ Diferencia de electronegatividad entre los átomos de O y H ($X_O - X_H = 1,4$).
- ◆ Momento Dipolar (μ): 1,84 Debyes (1 Debye = $3,33 \times 10^{-30}$ Coulomb/m)
- ◆ Longitud enlace O-H: 0,96 Å.
- ◆ Ángulo H-O-H: 104,5°.
- ◆ Radio van der Waals del O: 1,4 Å .
- ◆ Radio van der Waals del H: 1,2 Å.
- ◆ $2H + O \rightarrow H_2O \quad \Delta H = -925,25 \text{ kJ/mol.}$
- ◆ $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O \quad \Delta H = -245,15 \text{ kJ/mol.}$
- ◆ $1/2 H_2 + HO \rightarrow H_2O \quad \Delta H = -267,78 \text{ kJ/mol.}$ (pág.353, 354, 360)

Nota. Radio de Van der Waals: la mitad de la distancia entre dos átomos que interactúan a través de fuerzas electrostáticas en equilibrio.

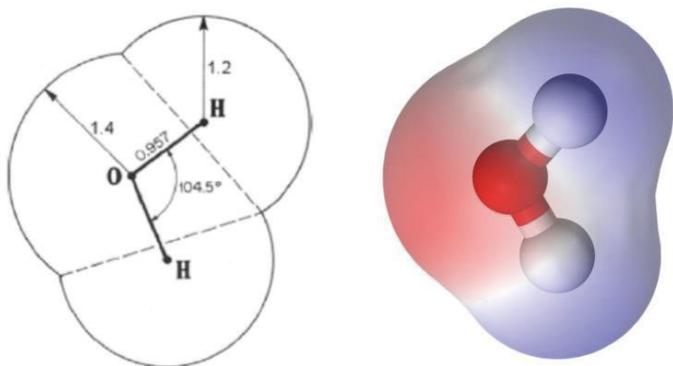


Figura 1. Estructura de la molécula de agua. A la izquierda ángulo y distancia entre átomos, a la derecha representación del potencial electrostático. Tomado de Estructura de la molécula de agua, de Ruiz Millán, 2015, ResearchGate (<https://t.ly/UkQXN>).

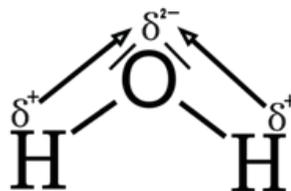


Figura 2. Estructura de Lewis de la molécula de agua con momento dipolar. Elaboración propia.

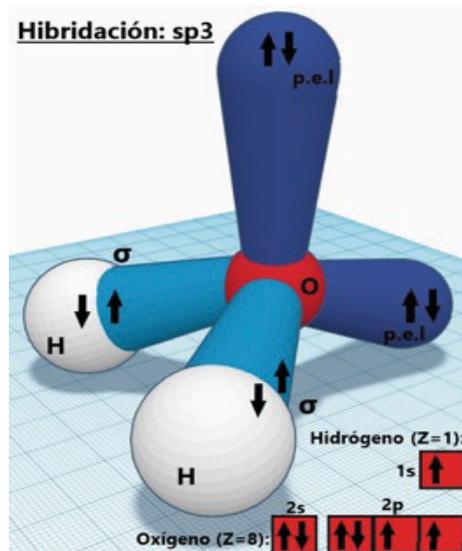


Figura 3. Hibridación del agua. Los pares de electrones libres (p.e.l) tienen más repulsión entre ellos que un p.e.l y un enlace y mucha más que entre dos enlaces, causando que el ángulo entre los dos hidrógenos sea 104,5° (Según la teoría RPECV). Elaboración propia (Con Fusion 360 y Tinkercad).

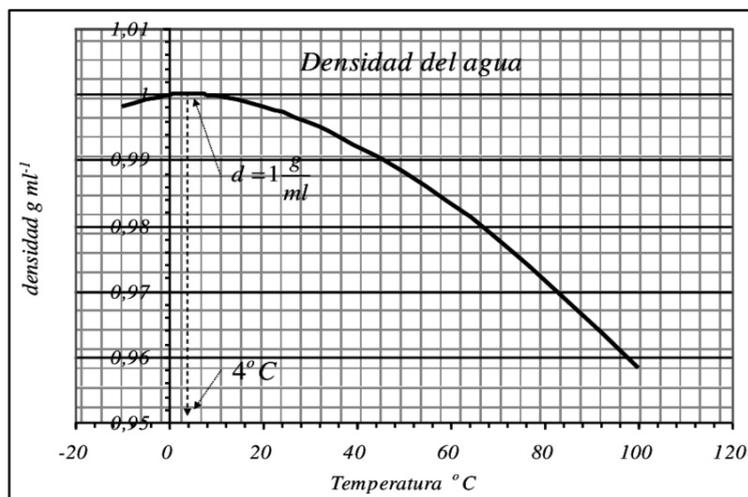


Figura 4. Variación de la densidad del agua respecto a la temperatura. Tomado de Variación de la densidad del agua con la temperatura, de Fernando Millán, 2016, ResearchGate (<https://t.ly/Ic0Rm>).

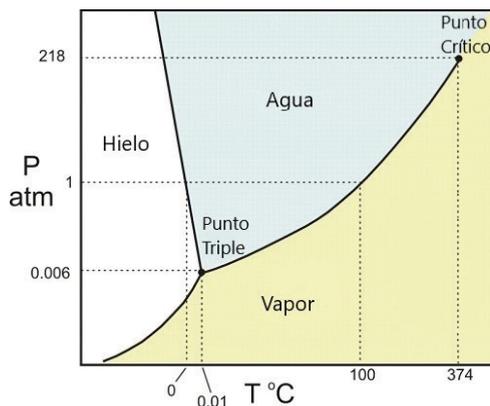


Figura 5. Estados del agua, punto crítico, punto triple y puntos de fusión y ebullición respecto a la presión y temperatura. Punto triple: coexisten los tres estados del agua a la vez. Punto crítico: las densidades del agua y del vapor son iguales. Adaptado de Diagrama de Fases, JC Parejo, s.f, Tecnología Informática. (<https://acortar.link/p52AkZ>).

7.3 AGUAS DE CONSUMO

Tal como se indica en el Boletín Oficial del Estado (BOE), las aguas de consumo se pueden definir como:

Aguas para uso humano, ya sea en su estado original o después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal u otros fines domésticos, tanto en locales públicos como privados, independientemente de su origen y si se suministra desde redes de distribución, desde cisternas o en depósitos móviles y que sea salubre y limpia. (BOE, 2023:4258)

7.3.1 TRATAMIENTOS

Como explica Eduard Salamanca, el agua tiene que ser tratada para poder pasar los controles de calidad a través de tratamientos físicos (como el cribado o la filtración para remover sólidos) y químicos o biológicos (como desinfección para quitar microorganismos y cambiar la composición del agua). Todo ello sucede en plantas de tratamientos (2014: 35).

7.3.2 LEGISLACIÓN

El agua se considera apta para consumo si es salubre y limpia, es decir, cuando no contiene microorganismos, parásitos o sustancias en una cantidad que pueda suponer un riesgo a la salud humana. También tiene que cumplir con los valores paramétricos del Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanita-

rios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. En caso contrario, el agua será considerada no apta para el consumo, la autoridad sanitaria valorará el riesgo para la salud dando recomendaciones sanitarias.

Este real decreto tiene una doble finalidad, por una parte, establece el marco jurídico para proteger la salud humana de los efectos adversos de cualquier contaminación del agua de consumo al garantizar que sea salubre y limpia. Por otra, facilita el acceso a la misma siguiendo lo indicado por Naciones Unidas en el derecho humano al agua y saneamiento en el Reino de España. (BOE, 2023:4255)

7.3.3 PARÁMETROS DE CALIDAD

Los parámetros de calidad del agua son características específicas con las cuales podemos evaluar la condición y aptitud del agua para usos como el consumo humano, irrigación, vida acuática, etc. Dichos parámetros nos proporcionan información de las sustancias que podemos encontrar a continuación, las cuales afectan la calidad del agua.

Parámetros Microbiológicos:

En el agua literalmente hablando es un medio donde habitan especies biológicas diversas y llevan a cabo su ciclo vital. Desde el organismo unicelular hasta especies de gran tamaño, evidencian la calidad del agua, su presencia o ausencia puede indicar la situación en que se encuentra el cuerpo de agua. (Salamanca, 2016:33)

Parámetro Microbiológico	Valor Paramétrico	Unidad
Escherichia coli (E.Coli)	0	UFC en 100 ml
Enterococo intestinal	0	UFC en 100 ml
Clostridium perfringens (incluidas esporas)	0	UFC en 100 ml
Legionella spp	100	UFC en 1 L

Figura 6. Tabla con los parámetros microbiológicos del BOE en 2023. UFC: Unidad Formadora de Colonias, para contabilizar microorganismos. Tomado de Valores paramétricos de los parámetros microbiológicos, s.a, 2023, BOE (<https://t.ly/3V5Rm>).

Parámetros Químicos:

El agua es llamada el solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materia orgánica y nutrientes. (Salamanca, 2016:33)

Parámetro Químico	Valor Paramétrico	Unidad	Parámetro Químico	Valor Paramétrico	Unidad
Acrilamida	0,10	µg/L	Cobre	2,0	mg/L
Antimonio	10	µg/L	Cromo	25	µg/L
Arsénico	10	µg/L	1,2-Dicloroetano	3,0	µg/L
Benceno	1,0	µg/L	Epiclorhidrina	0,10	µg/L
Benzo(a)pireno	0,010	µg/L	Fluoruro	1,5	mg/L
Bisfenol A	2,5	µg/L	Mercurio	1,0	µg/L
Boro	1,5	mg/L	Microcistina	1,0	µg/L
Bromato	10	µg/L	Níquel	20	µg/L
Cadmio	5,0	µg/L	Nitrato	50	mg/L
Cianuro	50	µg/L	Nitritos	0,50	mg/L
Clorato	0,25	mg/L	Plaguicida	0,10	µg/L
Clorito	0,25	mg/L	Plomo	5,0	µg/L
Cloruro de Vinilo	0,50	µg/L	Selenio	20	µg/L
			Uranio	30	µg/L

Figura 7. Tabla con los parámetros químicos del BOE en 2023. Tomado de Valores paramétricos de los parámetros químicos, s.a, 2023, BOE (<https://t.ly/3V5Rm>).

Parámetros de Calidad:

Estos son parámetros los cuales no deben de ser superados para que se considere el agua apta para su consumo. Son los parámetros más importantes que podemos analizar en un agua, pues además de ser los más comunes, de los que más impacto pueden llegar a tener si no son tenidos en cuenta.

Parámetro Indicador de Calidad	Valor Paramétrico	Unidad
Bacterias coliformes	0	UFC / 100ml
Recuento de colonias a 22 °C	100	UFC / 1 ml
Colifagos somáticos	0	UFP / 100 ml
Aluminio	200	µg/L
Amonio	0,50	mg/L
Carbono Orgánico	5,0	mg/L
Cloro combinado residual	2,0	mg/L
Cloro libre residual	1,0	mg/L
Cloruro	250	mg/L
Conductividad	2500	µS/cm a 20°C
Hierro	200	µg/L
Manganeso	50	µg/L
Oxidabilidad	5,0	mg/L
pH	6,5 a 9,5	Unidades pH
Sodio	200	mg/L
Sulfato	250	mg/L
Turbidez	4,0	UNF
Índice de Langelier	+/- 0,5	Unidades de pH

Figura 8. Tabla con los parámetros de calidad del BOE en 2023.

UFP: Unidad Formadora de Placas, medida para numerar el número de partículas de virus capaces de formar placas. UNF: Unidad Nefelométrica de Turbidez, medida para la turbidez de líquidos. Tomado de Valores paramétricos de los indicadores de calidad, s.a, 2023, BOE

(<https://t.ly/3V5Rm>).

Caracterización de las aguas:

La dureza del agua en principio no supone un impacto negativo para el organismo según la Organización Mundial de la Salud. Si bien es cierto que no influye en la salud, las aguas muy duras son las que estropean electrodomésticos como lavadoras y lavavajillas por exceso de cal (CaO). Aunque la dureza debería de oscilar entre los 100-300 mg/L CaCO₃, se considera de mayor calidad si está por debajo de los 100 mg/L y no apta si supera los siguientes parámetros. (Brita, s.f)

Parámetro	Valor Paramétrico	Unidad
Calcio	100	mg/L
Dureza total	500	mg/L CaCO ₃
Magnesio	30	mg/L
Potasio	10	mg/L

Figura 9. Tabla con los parámetros de caracterización del agua del BOE en 2023. Tomado de Valores paramétricos de los indicadores de calidad, s.a, 2023, BOE (<https://t.ly/3V5Rm>).

Dureza del agua	Valor Paramétrico	Unidad
Aguas muy blandas	0-15	mg/L CaCO ₃
Aguas blandas	15-75	mg/L CaCO ₃
Aguas duras intermedias	75-200	mg/L CaCO ₃
Aguas duras	200-300	mg/L CaCO ₃
Aguas muy duras	300	mg/L CaCO ₃

Figura 10. Tabla con los parámetros de dureza del agua. CaCO₃: Carbonato de Calcio. Adaptado de Análisis y clasificación del agua, s.a, 2023, Brita (<https://t.ly/zbIDO>).

Parámetros Organolépticos:

Son aquellos parámetros que se pueden medir a través de los sentidos, como la vista, el olfato y el gusto.

Parámetro Características Organolépticas	Valor Paramétrico	Unidad
Color	15	mg/L
Olor	3	Índice dilución
Sabor	3	Índice dilución

Figura 11. Tabla con los parámetros organolépticos. Tomado de Valores de referencia de las características organolépticas, s.a, 2023, BOE (<https://t.ly/3V5Rm>).

Parámetros de Sustancias Radiactivas:

La radiactividad es un fenómeno producido espontáneamente en los núcleos de los átomos inestables, los cuales mientras se desintegran en otro estable, emiten energía en forma de radiaciones ionizantes. Hay 3 tipos de radiaciones: radiación alfa (partículas positivas con dos protones y dos neutrones), radiación beta (flujo de electrones) y radiación gamma o rayos x (ondas electromagnéticas de alta energía). (ULPGC:2017)

Parámetro Sustancias Radiactivas	Valor Paramétrico	Unidad
Actividad alfa total.	0,1	Bq/L
Actividad beta total.	1,0	Bq/L
Radón	500	Bq/L
Tritio	100	Bq/L
Dosis Indicativa (Σ radionucleidos)	0,10	mSv

Figura 12. Tabla con los parámetros de sustancias radiactivas. Bq: Becquerel, unidad para medir la actividad de un radionúcleo, radiactividad. 1 Bq = 1 desintegración/s. Sv: Sievert, unidad de medida equivalente a radiación ionizante absorbida por materia viva. 1 Sv = 1 J/Kg. Tomado de Valores paramétricos de las sustancias radiactivas, s.a, 2023, BOE (<https://t.ly/3V5Rm>).

Parámetros de radionucleidos naturales y artificiales:

Tipo	Parámetro Radionucleidos	Concentración Derivada	Unidad
Natural	U-238	3,0	Bq/L
	U-234	2,8	Bq/L
	Ra-226	0,5	Bq/L
	Ra-228	0,2	Bq/L
	Pb-210	0,2	Bq/L
	Po-210	0,1	Bq/L
Artificial	C-14	240	Bq/L
	Sr-90	4,9	Bq/L
	Pu-239	0,6	Bq/L
	Pu-240	0,6	Bq/L
	Am-241	0,7	Bq/L
	Co-60	40	Bq/L
	Cs-134	7,2	Bq/L
	Cs-137	11	Bq/L
I-131	6,2	Bq/L	

Figura 13. Tabla con los parámetros radionucleidos. Tomado de Valores de las concentraciones derivadas de los radionucleidos, s.a, 2023, BOE (<https://t.ly/3V5Rm>).

7.3.4 ORÍGENES DE AGUAS DE CONSUMO

Hoy en día podemos encontrar el agua en sitios como lagos, ríos, embalses, pantanos, mares, océanos... El agua constituye un 70% de la superficie de la tierra, pero casi el 98% es de mares y océanos, por lo que hay una muy pequeña porción de agua dulce.

Según el Real Decreto debe de haber puntos de muestreo para la toma de muestras en:

1. Entrada de la Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP).
2. Salida de la ETAP.
3. Salida del depósito de distribución/regulación.
4. Puntos de entrega entre los distintos operadores).
5. Todas las redes de distribución.
6. Punto de entrega al usuario.

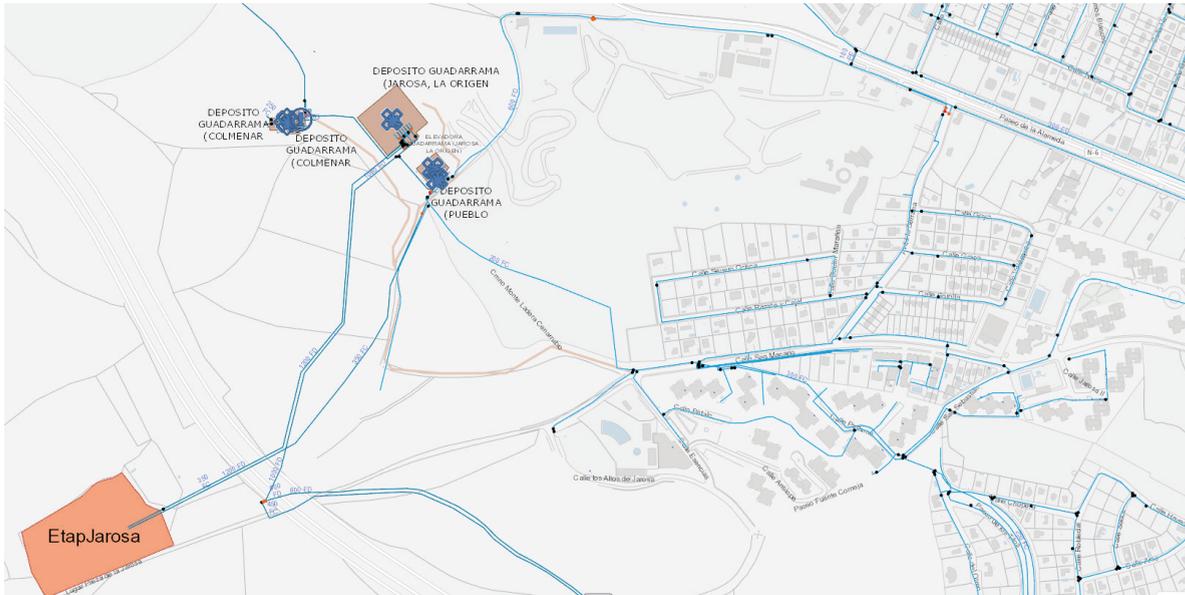


Figura 14. Distribución de agua potable desde los depósitos a la salida de la ETAP La Jarosa. Por gravedad se distribuye el agua a todo el municipio de Guadarrama. La ETAP se encarga de potabilizar el agua que le llega. Tomado del sistema de cartografía del Canal de Isabel II. App: Vicario.



Figura 15. Vista general de la distribución en el municipio de Guadarrama. El emisario (titularidad de Canal de Isabel II) que recoge las aguas residuales de Guadarrama y las conduce a la EDAR el Chaparral (Estación Depuradora de Aguas Residuales), donde se realiza la depuración de las aguas residuales de Guadarrama para su vertido al río Guadarrama. Tomado del sistema de cartografía del Canal de Isabel II. App: Vicario.

Datos:	Guadarrama	San Rafael
Procedencia del agua	-Río Guadarrama (Embalse la Jarosa) -Río Aceña (Embalse la aceña)	-Río Moros (Embalse del Tejo) -Río Moros (Embalse del Vado de las Cabras)
Capacidad de tratamiento	1,5 m3/s	-----
Fases del proceso del tratamiento del agua	-Preoxidación-precloración -Coagulación-floculación -Decantación -Filtración rápida sobre arena -Ajuste de pH -Desinfección	-Desinfección -Recloración -Desinfección-Químicos -Recloración
Reactivos empleados	-Cloro y dióxido de cloro en preoxidación y precloración -Permanganato potásico en preoxidación -Sales de aluminio en la fase de coagulación -Carbón activo en polvo en la fase de coagulación -Coadyuvantes de floculación en la fase de floculación -Hidróxido cálcico en la fase de ajuste de pH -Cloraminas en la fase de desinfección final	-----
Responsable	Canal de Isabel II	Ayuntamiento de El Espinar

Figura 18. Tabla de comparación entre Guadarrama y San Rafael.

Adaptado de Estación de Tratamiento de agua potable La Jarosa, s.a, s.f, Canal de Isabel II (<https://t.ly/Ujf72>).

Adaptado de Red San Rafael El Espinar, 2023, SINAC (<https://t.ly/fm1Id>)

Para esta investigación, se tomarán muestras de agua para analizar parámetros que inciden en la calidad del agua en los puntos de entrega: fuentes y grifos. También se estudiarán boletines de análisis de muestras de los dos municipios en diferentes meses del SINAC, recogidos por laboratorios profesionales autorizados y con equipo especializado.

7.5 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

Si bien es cierto que para tener resultados precisos de los parámetros del agua es necesario el uso de una sonda multiparamétrica como poseen los laboratorios de análisis de agua, no están disponibles por sus altos costes.

Como hemos visto hasta ahora, a través de lo que marca la legislación, hay una gran variedad y cantidad de parámetros, por lo que para este trabajo he descartado los criterios microbiológicos por falta de medios y los radiactivos por el coste de los contadores Geiger y lo difícil que es de detectar dicho parámetro. Debido a esto me he decantado por la búsqueda de parámetros fisicoquímicos más comunes y

fáciles de analizar, además de que son de los más importantes. Por lo que he recurrido a materiales y equipos de medición baratos como tiras reactivas, conocidas para medir algunos parámetros del agua de piscina.

Para el análisis de parámetros fisicoquímicos, he utilizado los materiales y equipos de mediación que podemos observar en la figura 19. Los test de orina son para el transporte y el almacenamiento de las muestras. La mochila aislante térmica es para evitar la variación de parámetros por el sol o calor, incluso para la facilitación del transporte. La botella de agua destilada es para la calibración del medidor de pH electrónico y la limpieza de los envases.

Materiales para la investigación	Precio
Tiras reactivas	20,08€
11 Test de orina	6,60€
Mochila aislante térmica	-----
Medidor de pH electrónico	24,99€
1 L Agua destilada	1€

Figura 19. Elaboración propia.



Figura 20. Kit de test de agua utilizado para la experimentación.

Tomado de Kit de prueba de agua potable, SJ WAVE, 2020, Amazon (<https://t.ly/QpQx0>).

He elegido este producto para la recopilación de datos por la variedad de parámetros que puede reconocer, buenas reseñas y cantidad de tiras que vienen. A diferencia de la sonda multiparamétrica que contiene varios sensores dependiendo de los parámetros que se quieran medir, las tiras reactivas contienen químicos que al entrar en contacto con el agua, cambian de color gradualmente dependiendo de la cantidad de ese parámetro. Los parámetros que este kit puede analizar son los siguientes:

- Dureza total: suma de concentraciones de calcio y magnesio.
- Cloro libre: la parte de cloro desinfectante presente en el agua.
- Cloro total: la suma del cloro libre y cloro combinado (cloraminas/ NH_2Cl , que se forman cuando reacciona el cloro libre con nitrógeno o amoníaco).
- Metales e iones como: hierro, cobre, plomo, fluoruro, carbonato, nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-).
- Ácido cianúrico (o cianuro): para estabilización de cloro en piscinas.
- Alcalinidad: es la medida para neutralizar ácidos sin cambiar el pH.
- Microplásticos [MPS]: Aún no están catalogados en el BOE, pero en un futuro habrá un límite.
- QUAT/QAC: Cation de amonio cuaternario, un agente desinfectante.



Figura 21. Medidor de pH electrónico utilizado para la experimentación. Tomado de Medidor de PH [5 en 1], Flintronic, 2022, Amazon (<https://t.ly/slWUs>).

He elegido este equipo para verificar que el pH de las tiras reactivas es el correcto y que la medida sea más exacta. Además me ha servido para medir los siguientes parámetros:

- Temperatura: magnitud física que expresa la energía interna.
- Salinidad: 0-1200 ppm (>300 "Excelente")
- Conductividad eléctrica [EC]: un indicador del grado de mineralización, se mide en $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Sólidos Totales Disueltos [TDS]: cantidad de sales inorgánicas, se mide en ppm.
- pH: es una medida para la alcalinidad o acidez de una sustancia, midiendo la cantidad de iones de hidrógeno ácidos (H^+) que contiene. Aunque la fórmula del agua es H_2O , por su actividad pierde uno de los hidrógenos quedando como OH^- y su vecina como H_3O^+ . La misma concentración de H_3O^+ que de OH^- hace que el agua sea "neutra", es decir, pH 7.
 - El pH se mide en una escala logarítmica. Desde concentraciones 10^{-1} (Ácido) a 10^{-14} (Alcalino).
 - $\text{pH} = -\log_{10}(\text{H}_3\text{O}^+)$
 - Según expertos de Alkanatur, el agua alcalina puede ayudar a la digestión y mejorar salud intestinal, combate toxinas, reduce la fatiga, antioxidante, etc. (s.f) Aunque se necesita más investigación en esta área.

Un pH alcalino puede causar que el agua esté un poco amarga e incluso puede neutralizar el ácido en el torrente sanguíneo. Mientras que un pH ácido puede causar que el agua tenga un sabor y olor metálico. (BOSS TECH:2023)

8. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

8.1 HIPÓTESIS

La hipótesis de esta investigación se basa en observar si los parámetros físico-químicos del agua de un mismo municipio varían respecto a los puntos de muestreo y la temperatura. Del mismo modo, estudiar si dichas propiedades varían entre dos municipios de la Sierra de Guadarrama: cara norte y cara sur.

8.2 MÉTODO EXPERIMENTAL

Para llevar a cabo la experimentación he seguido un proceso relativamente sencillo para recoger las muestras y analizar los parámetros físico-químicos.

Primero se escogieron todas las fuentes y puntos de agua potable de los municipios (Como se puede ver en las figuras 14 y 15) que se iban a analizar.

A través de las siguientes fotos mostramos un ejemplo de cómo se llevó a cabo todo el proceso desde la recogida de muestras en los botes de orina, pasando por el análisis de parámetros a la recogida de datos final. Este procedimiento de recogida y análisis se repitió para todas las muestras (11 muestras en Guadarrama en las dos épocas del año, agosto y noviembre y 11 muestras en San Rafael en la época otoñal, noviembre).

Los pasos seguidos en la experimentación son los siguientes:

1. Se ha tomado la temperatura del ambiente del día desde la página web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la hora del muestreo y se ha procedido a ir a las distintas fuentes y grifos.



Figura 22. Fuente 4.2. Fuente del parque del dragón, Guadarrama. Elaboración propia

2. Se ha dejado correr un poco el agua de las fuentes o grifos y se ha procedido a rellenar un bote de análisis.



Figura 23. Llenado de agua de la fuente 4.2. Elaboración propia

3. Se ha tomado la temperatura del agua con el medidor de pH electrónico y se ha guardado la muestra en la mochila para su mejor conservación y no alterar valores paramétricos.



Figura 24. Medición de la temperatura.
Elaboración propia

4. Una vez tomadas las muestras, se ha procedido a realizar su análisis en una sala interior en condiciones adecuadas para los ensayos.
5. Se ha llenado un tubo de ensayo (que venía con las tiras reactivas) con la muestra de agua, luego se ha metido la tira reactiva, se ha esperado 60 segundos y se ha comparado con la tabla de colores. Cada color indica un valor en cada parámetro, tal y como se muestra en la figura 25.

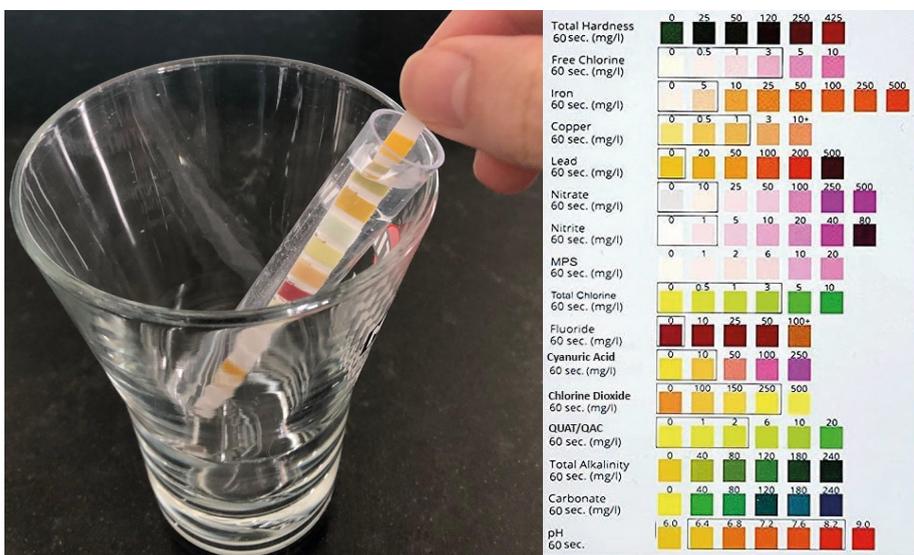


Figura 25. Análisis de tiras reactivas. Elaboración propia.

6. Se ha colocado en el bote de análisis el medidor de pH electrónico y se ha procedido a apuntar todos los parámetros (a excepción de la temperatura, ya tomada anteriormente).

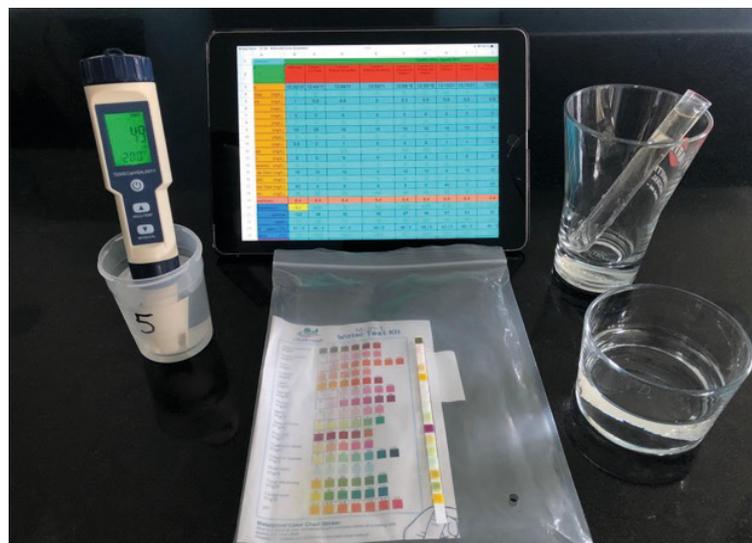


Figura 26. Análisis y recogida de muestras. Elaboración propia

Entre muestra y muestra, se ha limpiado con agua destilada el medidor electrónico y secado para evitar que se afecten los valores de los parámetros.

8.3 RECOGIDA DE DATOS

En las siguientes tablas, encontramos los valores de los parámetros obtenidos con las tiras reactivas y el medidor de pH electrónico. Los datos recopilados están clasificados por la procedencia (municipio), punto de muestreo, mes, día y hora de recogida. Además de una media de cada uno de los parámetros.

Los datos en color amarillo clarito es por una clara distinción de variación entre el resto de parámetros. Los datos en rojo clarito es porque no se ha medido correctamente. Los datos en rojo es que están por encima o debajo del límite establecido.

VERANO	Guadarrama: Agosto 2023											
Parámetros	Grifo casa	Fuente 1 (La Torre)	Fuente 2 (Parque del pueblo)	Fuente 3 (Parque del marea)	Fuente 4.1 (Parque del dragón)	Fuente 4.2 (Parque del dragón)	Fuente 5 (Caños)	Fuente 6 (Correos)	Fuente 7.1 (Prado San Juan)	Fuente 7.2 (Prado San Juan)	Fuente 7.3 (Prado San Juan)	MEDIA
Hora/Día	12:30/10	12:40/11	12:46/11	12:53/11	12:58/16	12:59/16	13:15/21	13:16/21	12:30/21	12:35/21	12:40/21	
Dureza total (mg/L)	25	50	25	0	0	0	25	0	0	0	0	11,36
Cloro libre (mg/L)	1	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,45
Hierro (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobre (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plomo (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrato (mg/L)	10	25	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11,36
Nitrito (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS (mg/L)	0,5	2	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0,59
Cloro total (mg/L)	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,64
Fluoruro (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ácido cianúrico (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dióxido de Cloro (mg/L)	10	10	10	0	10	10	0	10	10	10	10	8,18
QUAT/QAC (mg/L)	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1
Alcalinidad Total (mg/L)	40	0	0	0	0	0	40	0	20	30	0	11,82
Carbonato (mg/L)	80	60	20	60	40	40	60	30	40	50	30	46,3
pH (T.Reacti- vas)	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,40
pH (M. Electróni- co)	9,2	8,65	8	8,8	8,67	8,59	8,38	7,8	8,06	8,32	8,3	8,43
EC (µS/cm)	102	88	95	96	97	96	87	93	92	95	97	94,3
TDS (ppm)	51	45	47	48	48	48	43	46	46	47	48	47
Salinidad (ppm) / (%)	51 / 0	45 / 0	47 / 0	48 / 0	48 / 0	48 / 0	43 / 0	46 / 0	46 / 0	47 / 0	48 / 0	47 / 0
Temperatura (°C)	26	25,5	24,6	28,4	26,7	24,6	23,4	26,5	26,8	27,6	26,5	26,0
T. Ambiente (°C)	20	31	31	31	31	31	32	32	30	30	30	29,9

Figura 27. Tabla con análisis de parámetros de las muestras de Guadarrama en agosto. Google Sheets con las muestras: <https://t.ly/2BhVt>

OTOÑO	Guadarrama: Noviembre 2023											
Parámetros	Grifo casa	Fuente 1 (La Torre)	Fuente 2 (Parque del pueblo)	Fuente 3 (Parque del marea)	Fuente 4.1 (Parque del dragón)	Fuente 4.2 (Parque del dragón)	Fuente 5 (Caños)	Fuente 6 (Correos)	Fuente 7.1 (Prado San Juan)	Fuente 7.2 (Prado San Juan)	Fuente 7.3 (Prado San Juan)	MEDIA
Hora/Día	11:54/5	12:04/5	12:11/5	12:17/5	12:31/5	12:32/5	---	12:45/5	---	13:07/5	13:08/5	
Dureza total (mg/L)	0	0	0	25	0	0	---	25	---	0	0	5,56
Cloro libre (mg/L)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	---	1	---	0	0,5	0,50
Hierro (mg/L)	0	0	0	0	0	0	---	0	---	0	0	0
Cobre (mg/L)	0	0	0	0	0	0	---	0	---	0	0	0
Plomo (mg/L)	0	0	0	0	0	0	---	0	---	0	0	0
Nitrato (mg/L)	10	10	10	0	10	10	---	10	---	10	10	8,89
Nitrito (mg/L)	0	0	0	0	0	0	---	0	---	0	0	0
MPS (mg/L)	0	0	0	0	0	0	---	0	---	0	0	0
Cloro total (mg/L)	1	0,5	0	0	0,5	0,5	---	1	---	0	0	0,33
Fluoruro (mg/L)	0	0	0	0	0	0	---	0	---	0	0	0
Ácido cianúrico (mg/L)	0	0	0	0	0	0	---	0	---	0	0	0
Dióxido de Cloro (mg/L)	10	0	0	10	10	10	---	10	---	0	0	5,56
QUAT/QAC (mg/L)	0	0	0	0	0	0	---	0	---	0	0	0
Alcalinidad Total (mg/L)	0	20	10	0	0	0	---	0	---	20	0	5,56
Carbonato (mg/L)	40	40	40	0	20	20	---	0	---	40	20	24,4
pH (T.Reactivas)	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	---	6,4	---	6,4	6,4	6,40
pH (M. Electrónico)	8,88	8,39	7,3	8,55	8,7	8,79	---	9,01	---	8,75	8,61	8,55
EC (µS/cm)	100	92	92	94	95	96	---	95	---	99	94	95,2
TDS (ppm)	50	46	46	47	47	48	---	47	---	49	47	47,4
Salinidad (ppm) / (%)	50 / 0	46 / 0	46 / 0	47 / 0	47 / 0	48 / 0	---	47 / 0	---	49 / 0	47 / 0	47,4 / 0
Temperatura (°C)	18	11,6	10,8	10,5	11,5	11,2	---	12,4	---	11,5	9,8	11,9
T. Ambiente (°C)	21	10	10	10	10	10	---	10	---	10	10	11,2

Figura 28. Tabla con análisis de parámetros de las muestras de Guadarrama en noviembre. Google Sheets con <https://t.ly/UOVlP>

OTOÑO										
San Rafael: Noviembre 2023										
Parámetros	Grifo casa	Grifo casa 2	Fuente 1. (Avda, Santa Teresa)	Fuente 2 (C/ Bermejuela)	Grifo gasolinera (Travesía Alto del León))	Grifo piscina cubierta (El Espinar)	Fuente 3 (El Cadete)	Grifo Polideportivo	Fuente 4 (La Botella. Plaza de Toros)	MEDIA
Hora/Día	13:10/7	15:30/7	13:00/7	18:30/7	15:30/7	17:33/7	18:01/7	18:15/7	18:28/7	
Dureza total (mg/L)	0	0	0	25	50	25	0	0	25	13,89
Cloro libre (mg/L)	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,28
Hierro (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobre (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plomo (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrato (mg/L)	10	10	10	10	10	0	10	0	10	7,78
Nitrito (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS (mg/L)	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0,89
Cloro total (mg/L)	1	0,5	1	0,5	1	1	0,5	0	0	0,61
Fluoruro (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ácido cianúrico (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dióxido de Cloro (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QUAT/QAC (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad Total (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbonato (mg/L)	40	0	0	0	0	20	20	40	80	22,22
pH (T.Reactivas)	6,4	6,4	6,4	6,8?	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4?	6,4
pH (M. Electrónico)	6,8	6,78	6,79	7,82	6,86	6,75	7,13	6,86	6,34	6,90
EC (µS/cm)	36	32	40	292	34	38	43	40	211	85,11
TDS (ppm)	18	16	20	146	17	19	21	20	105	42,44
Salinidad (ppm) / (%)	18 / 0	16 / 0	20 / 0	146 / 0,01	17 / 0	19 / 0	21 / 0	20 / 0	105 / 0,01	42,44 / 0
Temperatura (°C)	13,7	14,2	12,3	11,1	12,5	14,5	11,3	15,2	11,2	12,89
T. Ambiente (°C)	10-6	10-6	10-6	10-6	10-6	10-6	10-6	10-6	10-6	10-6

Figura 29. Tabla con análisis de parámetros de las muestras de San Rafael en noviembre. Google Sheets con <https://t.ly/UOvIP>

En la siguiente figura encontramos los datos que hay recogidos por el SINAC. No todos los parámetros se han podido comparar puesto que hay algunos que ellos no los han analizado como es el caso del carbonato o de la temperatura.

VERANO	Guadarrama-SINAC: Junio 2023	San Rafael-SINAC: Septiembre 2023
Parámetros	Muestras del SINAC de varios laboratorios	Muestras del SINAC de varios laboratorios
Hora/Día	10:30/13	---/21
Dureza total (mg/L)	33	---
Cloro libre (mg/L)	0	0,5
Hierro (mg/L)	0	0,00011
Cobre (mg/L)	0	0,001
Plomo (mg/L)	0	0,0000001
Nitrato (mg/L)	0	1
Nitrito (mg/L)	0	0 (2022)
Cloro total (mg/L)	1,6	+0,5
Fluoruro (mg/L)	0,1	0,1
pH (M. Electrónico)	8,5	6,7
EC (µS/cm)	86	71

Figura 30. Tabla con análisis del Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo. Adaptado de valores del SINAC 2023. (<https://t.ly/woBYu>). Google Sheets con las muestras: <https://t.ly/2BhVt>.

8.3.1 INCIDENCIAS EN LA RECOGIDA

Durante el trabajo hemos repetido varias veces que el agua es transparente e incolora. Sin embargo, viendo las muestras, se observan dos que han llamado la atención. Hay que tener en cuenta que la fuente o grifo puede no estar del todo limpio y encontrarnos residuos como en la siguiente figura. Si bien nos hemos centrado en las características fisicoquímicas, igual de importante es la higiene y limpieza.



Figura 31. Sedimentos y babas. Elaboración propia.

8.4 ANÁLISIS DE DATOS

A continuación vamos a analizar y comparar los valores obtenidos de las muestras. Examinando todos los parámetros, hemos detectado que hay datos que no varían, faltan o son casi imperceptibles y por lo tanto hemos decidido que no aportaba nada a la investigación esa comparativa y no se ha realizado: Estos parámetros son: hierro, cobre, plomo, fluoruro, cianuro, dióxido de cloro, etc.

Para una mejor visualización de los gráficos de parámetros, puedes encontrarlo en anexos o en el siguiente enlace: <https://t.ly/fwsuP>.

El IPL es el Intervalo Paramétrico Legal, si una muestra sobrepasa la línea, teóricamente el agua no debería ser potable.

8.4.1 ANÁLISIS DE GUADARRAMA EN AGOSTO

La primera recogida de muestras fue en verano, durante el mes de agosto. Este gráfico, en vez de hacerse en un solo día, se fueron recogiendo muestras en distintos días, pero en las mismas horas del día. Durante ese periodo, no cambió en ningún momento el clima, siempre soleado, con una temperatura ambiente similar, rondando los 31 °C.

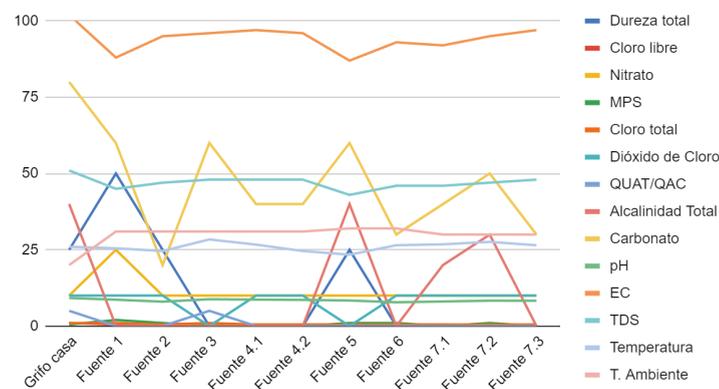


Figura 32. Gráfico de variación entre las muestras de Guadarrama de agosto. Elaboración propia.

Se puede observar una general variación de los parámetros, en unos hay mucha diferencia entre las muestras mientras que en otros se mantienen relativamente estables. Podemos ver que las fuentes 1, 3, 5, 7.2 y el grifo de casa tienden a dar valores altos, mientras que las fuentes 2, 4, 6 y 7.3 tienden a dar valores bajos.

A continuación están los gráficos con las variaciones más significativas y que más llaman la atención.

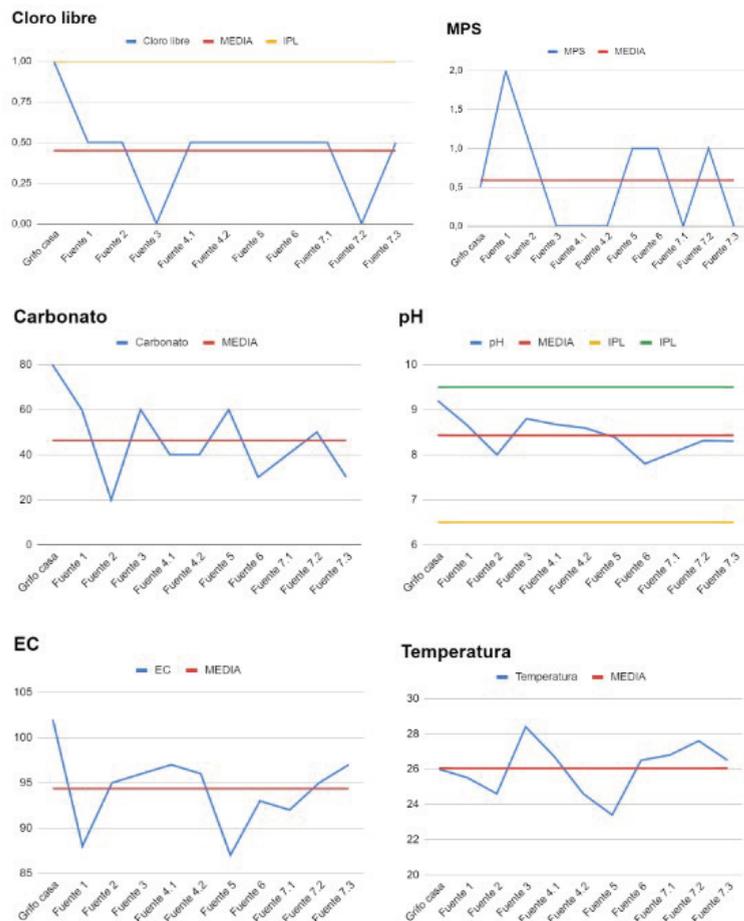


Figura 33. Gráficos con las variaciones más significativas. Elaboración propia.

La variación en temperatura es debido a que hay fuentes que le ha dado el sol y se han calentado. Por ejemplo, la fuente 3 estaba totalmente expuesta tiene la temperatura más alta mientras que la fuente dos estaba completamente tapada por los árboles.

En los microplásticos, las fuentes más alejadas como las que están en el parque del dragón (4.1-2) y en Prado San Juan (7.1-2-3) no se detectan microplásticos, mientras que en las fuentes del centro y las más cercanas a la ETAP si se detecta. Lo que puede indicar que la distancia afecta a la cantidad de microplásticos y que provienen de la ETAP.

El carbonato tiene valores altos debido a que era verano

y con el calor la solubilidad disminuye.

Se puede apreciar una pequeña relación entre el pH, temperatura, conductividad eléctrica y carbonato. Dichas gráficas muestran un recorrido similar que nos llevan a pensar una idea inicial de que existe una relación.

Por último, podemos observar que el cloro libre no se detecta en las fuentes 3 y 7.2, pero son valores normales dentro de la normativa. Pero sin embargo en el grifo de mi casa tiene el mismo valor que el límite permitido, pero está dentro de la legislación.

Podemos ver que la hipótesis planteada inicialmente se cumple, pues hay algunos parámetros que sí varían dentro del mismo municipio dependiendo del punto de muestreo.

8.4.2 ANÁLISIS DE GUADARRAMA EN NOVIEMBRE

La segunda recogida de muestras fue en otoño, en el mes de noviembre.

Este gráfico se hizo con todos los parámetros del mismo día, con una variación de poco más de una hora para la recogida de todas las muestras.

En esta recogida de datos, no se han podido analizar las fuentes 5 y 7.1 por qué estaban cerradas, no salía agua.

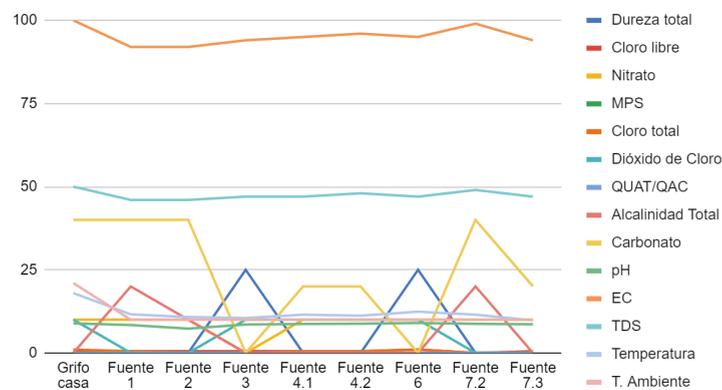


Figura 34. Gráfico de variación entre las muestras de Guadarrama de noviembre. Elaboración propia.

Se puede observar en general que no hay mucha variación de datos. No se puede determinar que una muestra destaque sobre las demás por un valor muy alto o bajo, sin embargo, el grifo de mi casa tiende a tener valores más altos que el resto. Por lo tanto se vuelve a observar lo descri-

to en la hipótesis, algunos parámetros varían con el punto de muestreo.

A continuación están los gráficos con las variaciones más significativas y que más llaman la atención.

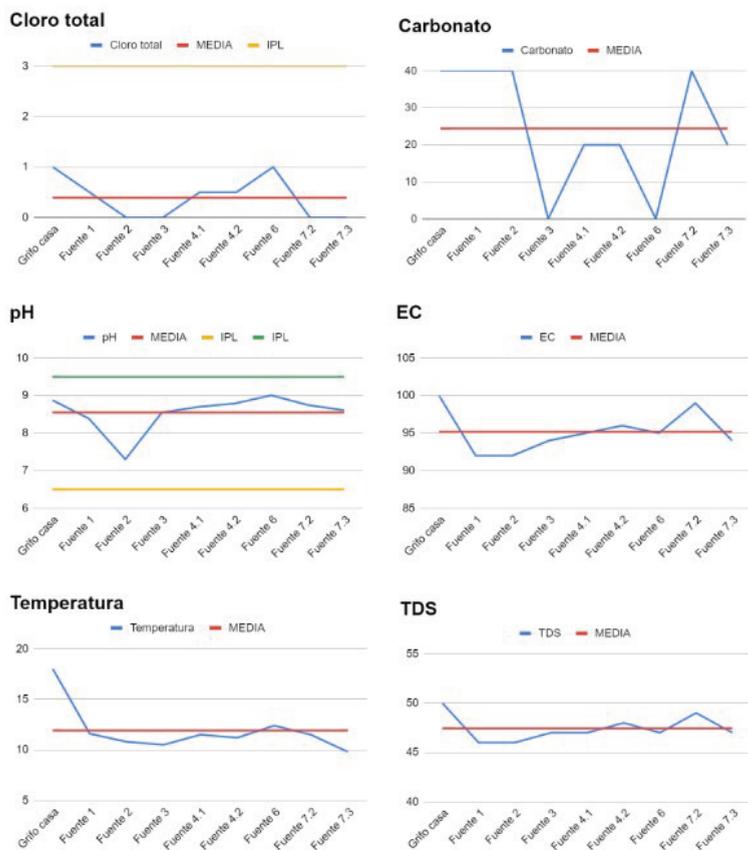


Figura 35. Gráficos con las variaciones más significativas. Elaboración propia.

El carbonato tiene valores bajos debido a que es otoño y con el frío y la bajada de temperaturas la solubilidad aumenta.

La temperatura en esta época apenas varió, aunque había fuentes que le estaba dando el sol por la mañana y aun así el agua seguía saliendo fría.

Si nos fijamos en los gráficos de la conductividad eléctrica, temperatura, sólidos totales disueltos y pH, vemos que siguen un patrón muy parecido. Sobre todo entre la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos, debido a que se miden del mismo modo con el medidor de pH electrónico, a través de la conductividad del agua. Y es que

los sólidos totales disueltos son las sales inorgánicas que contiene el agua y eso influye directamente en el valor de la conductividad.

Lo que me llamó la atención es que esas dos gráficas tienen también un parecido con las gráficas de temperatura y pH, lo que puede indicar que todos estos parámetros están relacionados. La solubilidad de las sales aumenta a mayor temperatura, lo que hace que el agua a mayor temperatura tenga más conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales.

Además, estas sales también puede ser cloruros, como la sal común, lo que también influye al cloro, pues también parece tener relación con el resto de gráficas pues lleva más o menos el mismo recorrido.

Aparte podemos ver esta misma relación en las gráficas de Guadarrama en agosto.

8.4.3 ANÁLISIS DE SAN RAFAEL EN NOVIEMBRE

La tercera recogida de muestras fue en otoño, también en el mes de noviembre, dos días después de la segunda recogida de datos.

Este gráfico se hizo con todos los parámetros del mismo día, pero con una diferencia de seis horas desde la primera muestra hasta la última.

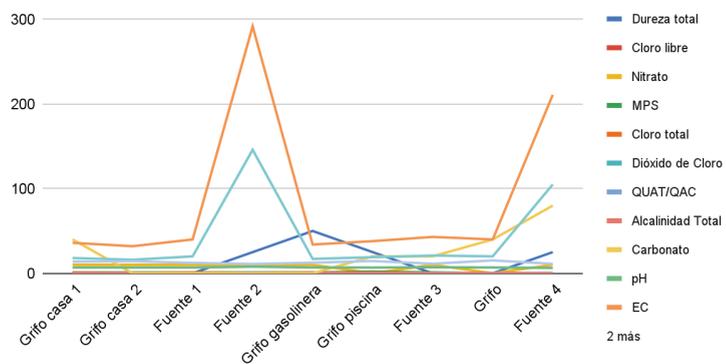


Figura 36. Gráfico de variación entre las muestras de San Rafael de noviembre. Elaboración propia.

Se pueden ver dos fuentes a simple vista que destacan demasiado sobre el resto, la 2 y 4. Mientras que los grifos de la gasolinera y del polideportivo tienen algún valor más alto que la media. Por tanto, en este otro municipio volvemos a confirmar lo descrito en la hipótesis inicial, los parámetros varían con el punto de muestreo.

A continuación están los gráficos con las variaciones más significativas y que más llaman la atención.

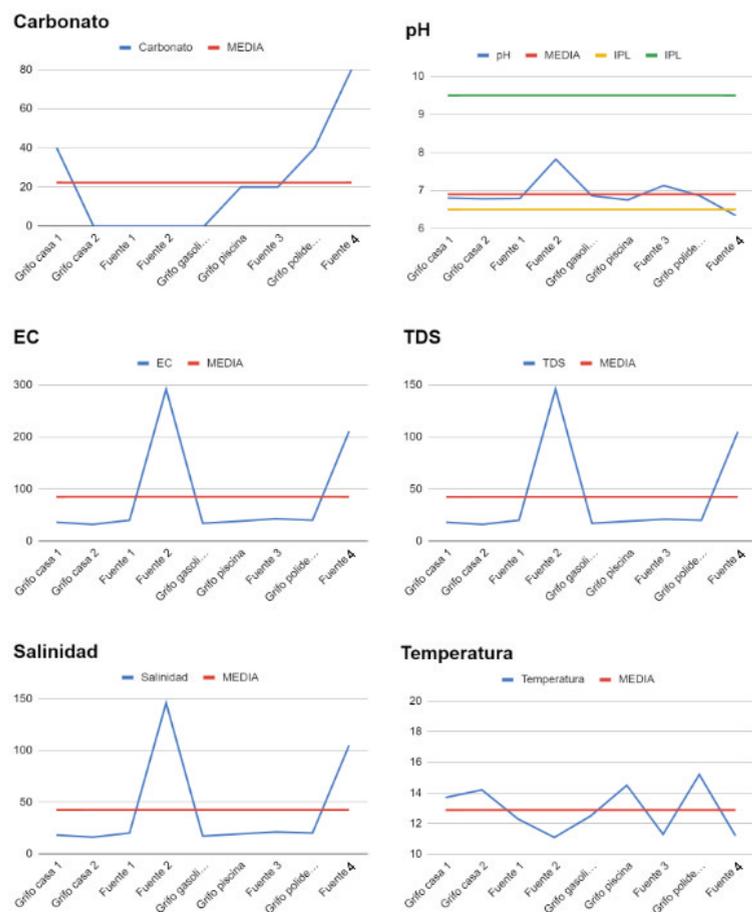


Figura 37. Gráficos con las variaciones más significativas. Elaboración propia.

Tras ver las gráficas, podemos observar que la EC, TDS y salinidad son valores muy bajos, excepto las fuentes 2 y 4, que son valores excesivamente altos, aunque no se salen de la norma. Además, se puede corroborar lo que mencionamos durante el análisis de Guadarrama en noviembre, que la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (también la salinidad) están totalmente relacionadas y se puede ver claramente por los altos valores de las fuentes 2 y 4. No obstante, no encuentro relación entre la temperatura con el resto de gráficas.

Sin embargo, detectamos un problema en el pH y es que no solo todas las muestras son muy bajas, sino que la fuente 4 se sale de la norma con un pH inferior a 6,4.

8.4.4 COMPARATIVA DE GUADARRAMA EN AGOSTO Y NOVIEMBRE

Para comparar los resultados entre los datos de Guadarrama de agosto y noviembre, hemos recurrido a las medias de ambas épocas. Las fuentes no se han comparado por separado porque casi todos los datos no varían significativamente y faltan las fuentes 2 y 4.

Comparativa Guadarrama agosto y noviembre

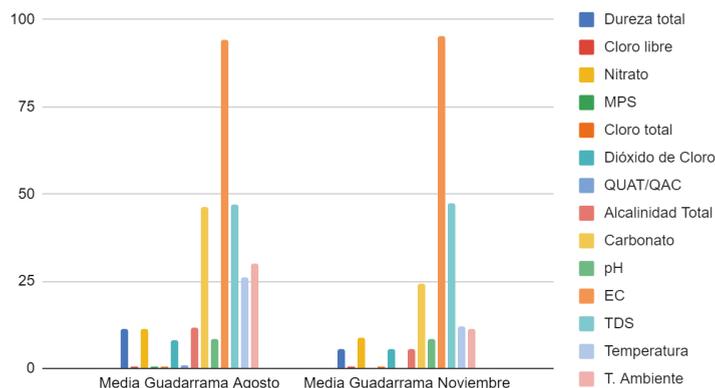


Figura 38. Gráfico de variación entre las muestras de Guadarrama en agosto y noviembre. Elaboración propia.

Inicialmente podíamos suponer que iba a haber un cambio en la temperatura,

la cual claramente ha disminuido. Ha habido una diferencia en la dureza, nitratos, cloro total, alcalinidad y carbonato, lo que nos hace pensar que estos parámetros son influenciados por una gran variación en la temperatura. Por lo que la solubilidad de dichos compuestos deben de aumentar poco a poco respecto a la temperatura.

Donde se ve una clara diferencia entre ambas épocas del año fue el carbonato, el cual se debe a lo comentado anteriormente, la solubilidad respecto a la temperatura, por lo que al disminuir la temperatura de verano a otoño, han disminuido también los carbonatos.

Sin embargo, el cloro libre, pH, EC, TDS y salinidad se han mantenido relativamente estables, algo que nos parece extraño, pues son valores que anteriormente habían variado respecto a cambios pequeños con la temperatura, pero no varían con cambios grandes. Por lo que se debería de indagar más para futuras investigaciones.

El QUAT/QAC y MPS no se han detectado durante el mes de noviembre, lo que indica que probablemente no hayan usado QUAT/QAC como desinfectante.

8.4.5 COMPARATIVA DE GUADARRAMA Y SAN RAFAEL EN NOVIEMBRE

Para comparar los resultados entre los datos de Guadarrama y San Rafael durante noviembre, se ha hecho a partir de las medias, pues así se puede comparar entre ambos municipios de manera más fácil.

Comparativa Guadarrama noviembre y San Rafael septiembre

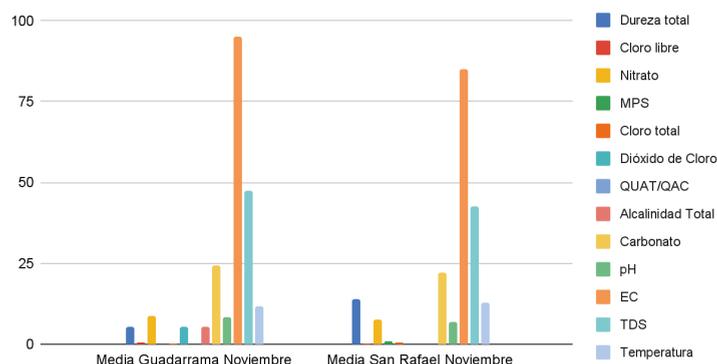


Figura 39. Gráfico de comparativa entre las muestras de Guadarrama y San Rafael. Elaboración propia.

El cloro libre, nitrato, cloro total y carbonato poseen valores relativamente parecidos, las temperaturas también.

La dureza total ha variado un poco, pero sobre todo ha variado el pH, con más de 1,5 de diferencia. El carbonato de calcio, que se mide a través de la dureza, suele ser bastante insoluble, pero como San Rafael tiene un agua relativamente ácida, probablemente haga que el carbonato de calcio se disuelva mejor, dando valores de dureza un poco más altos. Sin embargo la diferencia no es muy grande y al final ambos municipios tienen las aguas muy blandas.

Hay valores como MPS, dióxido de cloro o alcalinidad total que no se detectan en uno de los dos municipios.

La EC, TDS y salinidad aunque son más o menos parecidas, en San Rafael hay una EC de unos 38 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un TDS de unos 19 ppm si no tenemos en cuenta las fuentes 2 y 4, que hacen que la media aumente excesivamente. Por lo que San Rafael tiene esos tres valores mucho menores a

Guadarrama.

Finalmente podemos confirmar la hipótesis, puesto que dependiendo del municipio, cara norte o sur, hay parámetros que varían significativamente.

8.4.6 COMPARATIVA DE GUADARRAMA EN AGOSTO Y SINAC

Se han comparado la media de Guadarrama en agosto con los datos del SINAC de Junio, pues es el análisis más cercano en tiempo en la base del SINAC al mes de recogida, agosto.

Comparativa Guadarrama agosto y SINAC junio

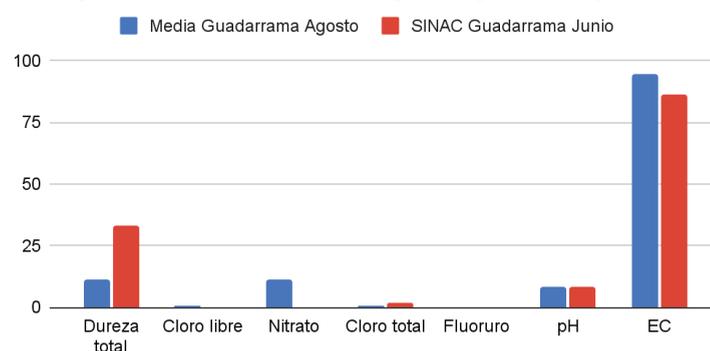


Figura 40. Gráfico de comparativa entre las muestras de Guadarrama y SINAC. Elaboración propia.

Aunque no aparezcan en la gráfica, los metales y nitrato no se detectaban, lo que indica que no hubo falsos positivos en las tiras reactivas por esa parte.

El pH y el fluoruro es casi el mismo en ambos casos.

En la dureza total y EC hay una clara diferencia, pero no muy grande.

El cloro libre y nitrato no se detectaron por parte del SINAC, lo que puede indicar que el análisis se hizo en un punto distante, lo que hizo que no dieran valores de cloro libre y nitrato. Además puede haber sido una mala lectura o un falso positivo.

Sin embargo, no hay mucha diferencia significativa entre nuestros análisis y los análisis llevados a cabo por el SINAC a pesar de que usen métodos diferentes de análisis y los realicen laboratorios profesionales.

8.4.7 COMPARATIVA DE SAN RAFAEL EN NOVIEMBRE Y SINAC

Se han comparado la media de San Rafael en noviembre con los datos del SINAC de septiembre, pues fue el último análisis publicado en la base de datos del SINAC.

Aunque no aparezcan en la gráfica, los metales en el SINAC sí que se detectan, pero en cantidades tan pequeñas que es imposible de comparar.

El pH, nitrito y fluoruro coinciden en ambos casos.

El cloro libre y la EC tienen una pequeña variación, lo que puede variar por el punto de muestreo.

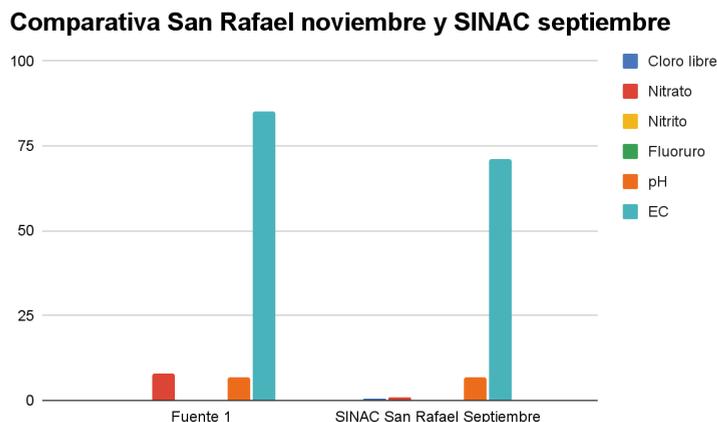


Figura 41. Gráfico de comparativa entre las muestras de San Rafael y SINAC. Elaboración propia.

8.5 DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA INVESTIGACIÓN

- Encontrar un test de tiras reactivas que sea fiable. Pues la mayoría era el mismo producto, con pocos parámetros, bajo diferentes marcas y con malas reseñas. Pero al final encontré uno que tenía su propia marca, buenas reseñas y muchos parámetros.
- El cierre de la fuente de los Caños y otra de Prado San Juan en noviembre, por lo que no se pudieron comparar las fuentes por separado entre épocas.
- Medir el pH. Como veremos a continuación, el pH de las tiras reactivas era siempre el mismo, lo que llamaba la atención y se buscó otro método para medir el pH, en este caso instrumental, el medidor de pH.

- Encontrar información sobre el agua de San Rafael, pues de ella se encarga el ayuntamiento, pues no hay datos en el SINAC o en internet.
- Los parámetros de cloro medidos por las tiras reactivas, tanto el cloro libre como el total. Hay algunos casos en las muestras de Guadarrama en noviembre donde se ha detectado cloro libre y no se ha detectado cloro total, el cual es una suma de cloro libre y cloro combinado. Puede haber sido un error en la lectura del parámetro o fallo de la tira reactiva.

9. CONCLUSIONES

Después de analizar y comparar todas muestras obtenidas, teniendo en cuenta el marco teórico estudiado, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Las muestras de agua obtenidas se diferencian entre ellas por los parámetros obtenidos. Lo que confirma nuestra hipótesis inicial, el agua tiene una variación de parámetros en todas las muestras.
- El agua aunque provenga del mismo origen, sus características fisicoquímicas varían en función de la distancia recorrida, debido a la distribución por todo el municipio.
- La época del año influye en los parámetros del agua, lo que corrobora nuestra hipótesis, pues se ve una dependencia con la temperatura del pH, dureza total, alcalinidad y carbonato. Mientras que hay parámetros que se han mantenido estables, como la EC y TDS, otros se han dejado de detectar, como el QUAT/QAC y MPS.
- Los análisis de muestras entre los dos municipios, San Rafael y Guadarrama, son muy diferentes unos de otros. No están relacionadas entre sí por una clara diferencia en todos los parámetros.
- El agua de ambas localidades cumple con la legislación vigente. Sin embargo, hay dos fuentes de San Rafael que dan valores muy extraños en comparación con el resto de muestras, pues tienen una EC y salinidad bastante alta. En general San Rafael tiene un pH bastante bajo, pero una muestra ha dado por debajo de 6,5, volviéndola no potable. Por lo que aunque el agua sea potable desde la ETAP, se puede volver no potable por el camino.

- Comparando los boletines de análisis de la base de datos del SINAC con nuestros análisis, podemos concluir en que las herramientas utilizadas para medir los parámetros eran fiables. Sin embargo, como he mencionado en las dificultades, el medidor de pH de las tiras reactivas no reaccionaba con las muestras.

10. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez concluida esta investigación, surgen más preguntas que llevan a futuras líneas de investigación. Entre dichas líneas encontramos:

- Estudio de parámetros microbiológicos, características organolépticas y/o radiactividad entre Guadarrama y San Rafael.
- Variación de parámetros de recogida de muestras en diferentes intervalos de tiempo (horas, días, semanas y meses).
- Variación de parámetros del agua entre otras localidades y épocas del año e indagar en la litología de la zona para ver cómo afecta al contenido de diferentes parámetros.
- Investigación sobre métodos de depuración.
- Estudio de diferentes aguas: aguas residuales, aguas de riego y/o aguas minerales.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Auge, M. (2007). AGUA FUENTE DE VIDA. <https://t.ly/-bAZP>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
2. Boletín Oficial del Estado [BOE]. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. <https://t.ly/2Anch>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
3. BOSS TECH. (2023). ¿Cómo afecta el pH en la calidad del agua? <https://t.ly/5SSVGJ>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
4. Brita. (s.f). Qué es la dureza en el agua y cómo te afecta. <https://t.ly/uHBwx>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
5. Canal de Isabel Segunda. (s.f). Estación de tratamiento de agua potable La Jarosa. <https://t.ly/Ujif72>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]

6. Castro, M. (2022). Fundamentos de química. CENTRO DE ESTUDIOS FINANCIEROS.
7. España Instituto de la Ingeniería de España (1991). El agua en España. Madrid: Artes gráficas MV, s.a
8. Expertos en Agua Alcalina Antioxidante [Alkanatur]. (s.f). Agua Alcalina. <https://t.ly/xDBl4>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
9. Gutiérrez, E. (1994). Química inorgánica. Barcelona: Editorial Reverté, s.a.
10. Real Academia Española. (s.f). Agua. En Diccionario de la lengua española. Recuperado de <https://dle.rae.es/agua>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
11. Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. Corporación Universidad de la Costa. <https://t.ly/AVJyD>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
12. Segovia Sur (s.f). San Rafael. <https://t.ly/SK1pG>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
13. Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo. (2023). Boletín 13200921 (Guadarrama). <https://t.ly/woBYu>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
14. Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo. (2023). Boletín 13483432 (San Rafael). <https://t.ly/woBYu>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]
15. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2017, ¿Qué es la radiactividad? <https://t.ly/R0qsn>. [Fecha de consulta: 18/12/2023]

ANEXOS: <https://t.ly/e5MzG>



Entre bits y sueños:

Un análisis de la influencia de las tecnologías en el sueño

Sokaina Zahraoui

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Enrique, que fue en principio mi tutor del trabajo, al que le agradezco por ayudarme a encaminar mi trabajo y a comenzar a centrarlo.

También, agradezco a Eugenio, que sin ser mi tutor se ofreció para prestarme una mano con la parte experimental. Y a María quién me ayudó con la corrección de la ortografía.

Agradecimientos también a mi familia por estar siempre presentes. A mis amigos por ayudarme y resolverme las dudas cuando no tenía tutor.

Por último, agradecimientos a todos los alumnos que han participado en el trabajo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	408
1. RESUMEN.	410
2. ABSTRACT.	410
3. INTRODUCCIÓN	410
4. JUSTIFICACIÓN	411
5. OBJETIVOS.	411
6. HIPÓTESIS	412
7. METODOLOGÍA.	412
8. MARCO TEÓRICO.	412
8.1. El sueño reparador	412
8.1.1. Calidad de vida dependiendo del sueño	415
8.1.2 Sueño en estudiantes	415
8.2. Las nuevas tecnologías	416
8.2.1. Los jóvenes y las nuevas tecnologías	416
8.2.2. Adicciones	417
8.2.3. Impacto de las tecnologías	417
8.3. Influencia de las tecnologías en el sueño	418
9. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.	419
9.1. Cuestionario	419
9.2. Resultados:	419
9.3. Chi-cuadrado:	421
9.3.1. Número de horas de uso y de sueño.	422
9.3.2. Número de horas de uso y descanso.	422
9.3.3. Número de horas de uso y dificultad para conciliar el sueño.	422
9.3.4. Uso de las tecnologías y la edad.	422
9.3.5. Uso de las tecnologías y el sexo.	422
9.4. Posibles márgenes de error	422
10. CONCLUSIONES.	422
11. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	423
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	423
13. Anexos	425

1. RESUMEN

En los últimos años se ha visto incrementado el uso de los dispositivos tecnológicos, hasta el punto de que se han convertido en una extensión de nuestras manos. Portándolos a cualquier lugar y utilizándolos en cualquier momento. Incluso en los momentos previos a dormirnos, seguimos usándolos. Así pues, se ha realizado una investigación basada en los hábitos de uso de las tecnologías y los de sueño de los alumnos del IES Guadarrama.

Primero se ha realizado una búsqueda bibliográfica del sueño, centrándose en sus características generales y en aspectos como la calidad de sueño. A continuación, se ha indagado a cerca de las tecnologías, desarrollando temas como las adicciones que suponen y sus impactos. Para, posteriormente, poder desarrollar todas las influencias que presentan las tecnologías sobre el sueño.

En segundo lugar, se ha desarrollado un cuestionario el cual por medio de los tutores se distribuyó por distintas clases de la ESO y Bachillerato, llegando a una muestra total de 223 alumnos. Posteriormente, se analizaron todas las respuestas obtenidas sacando distintas conclusiones. Paralelamente, se desarrolló la prueba del Chi-cuadrado para comprobar o refutar distintas hipótesis específicas.

Por último, se recogieron diversas conclusiones: el uso prolongado de los dispositivos tecnológicos empeora el descanso y la calidad de sueño, perjudicando la salud de los alumnos.

Palabras clave: *sueño, tecnología, descanso, alumnos*

2. ABSTRACT

In recent years, the use of technological devices has increased to the point that they have become an extension of our hands. We carry them everywhere and always use them. Even in the moments before we go to sleep, we continue to use them. Therefore, a research project has been carried out based on the habits of use of technologies and the sleeping habits of the students of IES Guadarrama.

First, a bibliographic search was carried out on sleep, focusing on its general characteristics and aspects such as sleep quality. Next, we investigated technologies, developing topics such as the addictions they entail and their impact. Subsequently, all the influences that technologies

have on sleep were developed.

Secondly, a questionnaire was developed and distributed through the tutors to different ESO and Bachillerato classes, reaching a total sample of 223 students. Subsequently, all the answers obtained were analysed and different conclusions were drawn. At the same time, the Chi-square test was developed to prove or disprove specific hypotheses.

Finally, several conclusions were drawn: the prolonged use of technological devices worsens rest and sleep quality, damaging students' health.

Keywords: *sleep, technology, rest, students*

3. INTRODUCCIÓN

La sociedad actual está caracterizada por la velocidad de transmisión de las noticias, por lo que era de esperar que las tecnologías hayan ido mejorando y avanzando, suponiendo un impacto significativo en nuestras vidas. Estos avances tecnológicos han dado lugar a la creación de nuevas herramientas y han mejorado la precisión y la velocidad a la hora de buscar información en internet. Sin embargo, las mejoras solo vienen dadas si se hace un buen uso de ellas, de la manera contraria pueden ser incluso nocivas.

El avance de las tecnologías ha supuesto que hasta las nuevas generaciones hagan uso de ellas, incluso desde edades muy tempranas, lo cual genera problemas a distintos niveles. Por ejemplo, el retraso del desarrollo de las funciones motrices, ya que, al utilizar aparatos tecnológicos, como pueden ser los móviles o las tablets, solo se desarrolla el movimiento de los pulgares. “La falta de entrenamiento en todos los dedos y las manos a corta edad podría afectar la coordinación viso motriz de otras sencillas acciones que involucran la motora fina y formarán parte de la rutina diaria” (Álvarez, Cordero y Salzar, 2018: 5).

Por otro lado, también afecta en la escritura, ya que cuando se utilizan los aparatos tecnológicos a edades jóvenes, los músculos necesarios para escribir no se desarrollan. Aunque estas cuestiones se producen principalmente en niños/as, sin embargo, hay un problema que puede darse en todas las edades y que además repercute en toda nuestra vida: el sueño. El uso de los dispositivos tecnológicos antes de acostarse puede suponer un problema al intentar conciliar el sueño por las noches y, dado que tener un buen

ciclo de sueño es fundamental para descansar y rendir correctamente durante el día, indirectamente nos están afectando a nivel global durante toda la jornada y por ende en toda nuestra vida, por lo que el simple hecho de utilizar las tecnologías antes de acostarnos condiciona nuestro ritmo diario de vida.

4. JUSTIFICACIÓN

El sueño es una característica universal puesto que todos los seres vivos necesitan horas diarias para descansar y brindarle espacio al cerebro para que pueda realizar distintas funciones relacionadas con el medio interno. Es una de las funciones vitales más importantes, ya que, gracias a ella, se puede restablecer la energía o almacenar los datos recogidos durante el día. Por ello, el hecho de elegirlo influye en que cualquier persona pueda verse reflejada en las páginas del trabajo.

Por otro lado, es un tema cautivador debido a sus dimensiones indescifrables, porque como dijo el científico inglés y profesor de Neurociencia y Psicología Matthew Walker “el sueño se ha mantenido como uno de los últimos grandes misterios biológicos” (2019: 6). Lo que es bastante curioso, puesto que, a pesar de ser un tema tan importante aún son muchos los puntos que se desconocen de este tema. Actualmente las cuestiones más disputadas son “¿cómo sabe tu cuerpo cuándo es hora de dormir?” (Walker, 2019: 15) o “¿qué aspecto tendrían tus ondas cerebrales? ¿En qué se diferenciarían esos patrones de actividad cerebral de los que mostrarías en este momento, mientras lees esta frase y estás despierto?” (Walker, 2019: 58).

En segundo lugar, encontramos el siguiente bloque del trabajo: las nuevas tecnologías. Sabemos que es un tema que se ha ido desarrollando mucho con el paso del tiempo y reconocemos todas las mejoras que han supuesto en nuestra vida diaria. Entre otras, el hecho de que vencen la barrera de la distancia gracias a la velocidad casi instantánea que las caracteriza. Sin embargo, en pocas ocasiones nos detenemos a reflexionar acerca de las cuestiones que nos perjudican. Por ejemplo, la sobreestimulación que sentimos en las redes sociales y el deterioro de nuestra concentración, debido a que, al estar pendiente de las redes sociales, los videojuegos, los videos, entre otros, se liberan grandes niveles de dopamina que nos perjudica a nivel cerebral, pues

al realizar otras acciones que conlleven más concentración y en las que estemos expuestos a menos estímulos, supondrán un sobreesfuerzo excesivo. Este y otros son ejemplos de cómo realmente nos afectan, suponiendo cada vez más influencia desde edades muy tempranas.

Por esta razón, se pensó que sería interesante relacionar una función vital que nos caracteriza desde el principio de los tiempos con una variable actual que también nos define y nos diferencia de otras especies y apreciar las influencias entre ambas. Siendo en ambos casos temas universales que afectan a nivel global en nuestras vidas diarias.

5. OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo es relacionar el uso de los aparatos tecnológicos con la influencia que posee sobre el sueño reparador, en alumnos del IES Guadarrama, para poder identificar si los estudiantes del instituto tienen un ritmo de sueño adecuado y, si no lo es, identificar si se debe al uso excesivo de los aparatos tecnológicos.

Entre los objetivos específicos analizaremos a los alumnos para comprobar cuál es la conciencia que se tiene acerca de cómo les influyen diariamente las tecnologías. Pues actualmente es un tema muy importante, ya que su uso está muy extendido y es un hábito que puede modificar el resto de las actividades que realizan durante el día. Es por eso que es necesario conocer si los alumnos son capaces de identificar este problema y, en consecuencia, poder actuar conscientemente ante ello.

Además, también se busca realizar un estudio cuantitativo sobre el porcentaje de alumnos que tiene un ritmo de sueño correcto y beneficioso y hacer una distinción entre los alumnos que tienen un ritmo de vida diurno (prefieren madrugar y estar activos desde la primera hora del día), un tipo de vida nocturno (se acuestan tarde y les cuesta madrugar) y los que se encuentran en un lugar intermedio (aquellos que tienen una inclinación por la noche, pero rinden correctamente en ambos momentos del día).

También se analizará la distinción entre los alumnos más jóvenes del instituto y los más mayores, contemplando la posibilidad de que exista algún tipo de relación entre la influencia que posee la tecnología y la edad. Además de analizar si el sexo es un factor predominante en relación con el uso de las tecnologías.

Por último, el presente trabajo pretende contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Concretamente, al tercer objetivo relacionado con garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades. Debido a que, en la actualidad, el constante uso de las nuevas tecnologías puede llegar a ocasionar problemas en nuestra salud, con el presente trabajo se busca analizar específicamente el impacto de esta influencia en un aspecto fundamental para nuestra salud: el sueño. Abordar este tema resulta fundamental, especialmente entre los jóvenes quienes se ven vulnerados por su alta exposición.

6. HIPÓTESIS

El uso de las tecnologías influye de manera negativa en el sueño, produciendo que los alumnos descansen peor.

7. METODOLOGÍA

Por un lado, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre el sueño como cuestión biológica y las tecnologías como tema actual. En el apartado del sueño se trataron distintas cuestiones: en primer lugar, a modo de introducción, se redactan las características generales del sueño y las fases del mismo; en segundo lugar, se explica la calidad de vida dependiendo del sueño, y se expone cómo un mal sueño puede influir en nuestra vida cotidiana; en tercer lugar, se trata el sueño en la adolescencia, pues es el grupo de edad que se utiliza en esta investigación. A continuación, nos encontramos el bloque de las tecnologías en el que, después de una introducción, se relaciona nuevamente la adolescencia con el uso de las nuevas tecnologías y cómo estas afectan a este grupo social. Después, se desarrolla el apartado de adicciones, pues actualmente está bastante generalizado poseer cierta dependencia hacia los aparatos tecnológicos. Posteriormente se trata la influencia de las tecnologías y cómo su uso puede modificar distintos aspectos de nuestra vida. Por último, encontramos un apartado en el cual relacionamos ambas variables tratadas en el trabajo y se expone su influencia.

Por otro lado, la recogida de datos se desarrolló mediante encuestas. Había preguntas generales para poder dividir la población tanto por edad como por sexo para, pos-

teriormente, poder indagar y averiguar si estos son factores importantes. Además, también se encuentran las preguntas predominantes, las que nos permitirán extraer conclusiones. Entre ellas encontramos preguntas sobre hábitos, tanto de sueño, como tecnológicos, por lo que se realizan preguntas que reflejan la cantidad de horas que se descansa y también el número de horas que utilizan las tecnologías, tanto de día como antes de acostarse. Estas preguntas se realizan con el fin de tratar de averiguar si aquellas personas que afirman que no se sienten descansadas tiene alguna relación con el uso excesivo de las tecnologías.

Posteriormente, para sacar conclusiones se analizaron los resultados de la encuesta. Primero realizamos gráficos en los que se recoge toda la información reflejada en las encuestas. Segundo aplicamos el test del Chi-Cuadrado, una metodología matemática y exacta, lo cual lo convierte en un método muy útil para separar los datos y establecer relaciones entre ambas variables.

8. MARCO TEÓRICO

8.1. El sueño reparador

El sueño es un proceso biológico que supone un estado de reposo en el que se detiene el movimiento voluntario y se inactiva la conciencia. Esta situación supone un sosiego en el cual se permite la reparación de la energía (Guadamuz Delgado, Miranda Saavedra y Mora Miranda, 2022).

Aunque la conciencia permanezca en reposo, el cerebro en cambio se encuentra activo, procesando y almacenando la información recogida durante todo el día (Carrillo-Mora et.al., 2013).

A pesar de ser un estado de inconsciencia, se puede despertar al sujeto mediante estímulos sensitivos externos y por ello se distingue del coma, el cual también es un estado de inconsciencia, sin embargo, no se puede despertar al sujeto.

La cantidad de sueño necesario requerida de un descanso adecuado varía dependiendo de la edad, ya que el sueño es un proceso universal y vital para los seres vivos. La National Sleep Foundation ha establecido recomendaciones específicas para mantener el bienestar de la persona. Para los recién nacidos (bebés de 0 a 3 meses) se recomiendan entre 14 y 17 horas. A partir de los 4 meses y hasta los 11

reciben el nombre de lactantes y necesitan de 12 a 15 horas. Cuando tienen de 1 a 2 años se recomienda que duerman de 11 a 14 horas. Los preescolares, de 3 a 5 años, necesitan de 10 a 13 horas de sueño diarias. A partir de los 6 años y hasta los 13 años se recomiendan de 9 a 11 horas. Se ha demostrado que dormir menos a esta edad puede suponer un bajo rendimiento académico. Los adolescentes (de 14 a 17 años) precisan de 8 a 10 horas de sueño, siendo muy importante a esta edad, ya que, de no ser así, se pueden producir consecuencias que les perjudicarán en su vida adulta, como la disminución del nivel de alerta o el desarrollo de depresión u obesidad. A partir de los 18 años y hasta los 25, son considerados adultos jóvenes y de 26 a 64 años, son considerados adultos de edad media. Para ambos se recomienda una media de 7 a 9 horas diarias. En esta etapa, al igual que en la adolescencia, una corta duración del sueño supone un bajo rendimiento laboral. Por último, se recomienda a los mayores de 65 años un descanso diario de 7 a 8 horas. Una duración superior a las 9 horas en esta edad puede suponer un aumento de la probabilidad de mortalidad (Hirshkowitz M, et.al., 2015, citado en Merino Andréu M, et.al., 2016).

Por otro lado, cabe destacar que el sueño consta de dos fases, sueño REM (rapid eye movement) y sueño No-REM.

Durante una noche se pasa varias veces por ambas fases, es decir, en una noche tenemos varios ciclos de sueño, cada uno con una duración de 90 minutos. Dependiendo del momento en el que te despiertes del ciclo, podemos distinguir si el sueño es más o menos reparador, ya que, si te despiertas al final de un ciclo, sin tener en cuenta las horas que hayas dormido, vas a tener una sensación de haber descansado correctamente durante la noche. Sin embargo, si te despiertas en cualquier otro momento, la sensación va a ser la contraria y por mucho que hayas dormido gran cantidad de horas, no vas a sentirte descansado.

Fases del sueño:

Para hablar de las fases del sueño, antes debemos mencionar el electroencefalograma (EEG), una herramienta utilizada para analizar el sueño. “Es la representación gráfica y digital de las oscilaciones que muestra la actividad eléctrica del cerebro” (Carrillo-Mora et.al., 2013: 7).

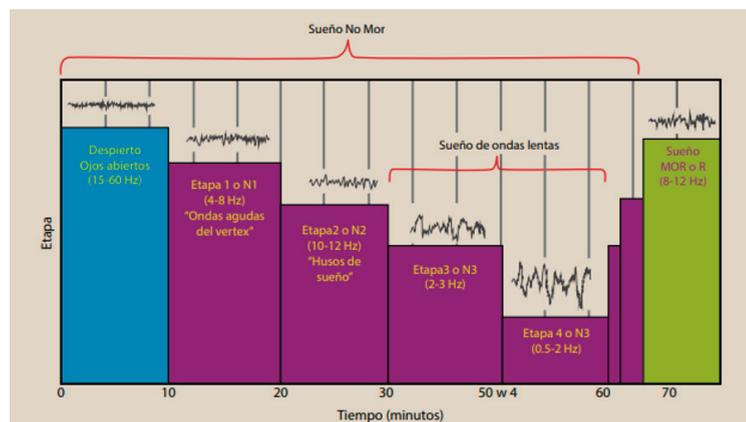


Imagen 1: extraída de:(Carrillo-Mora et. al., 2013:8)

En la imagen podemos observar la distinción de las ondas cerebrales en todas las fases del sueño. En el momento en el que nos disponemos a dormir, pero aún estamos despiertos (aproximadamente 10 minutos, siempre y cuando no se posea problemas para conciliar el sueño), se producen de 15 a 60 ondas por minuto medidas en hertzios (Hz). Esto indica que la actividad cerebral todavía es demasiado alta. Sin embargo, a medida que avanzamos en las fases del sueño encontramos que las ondas detectadas por el EEG son cada vez menores, es decir, las ondas captadas disminuyen. Como máximo se producen desde 12Hz hasta, en la fase del sueño profundo, 0.5Hz. Esto indica que la actividad cerebral es prácticamente nula, es por ello que en esta etapa se produce un estado de inconsciencia. A continuación, vuelven a aumentar en la fase de sueño REM, llegando hasta 8 o 12 ondas por minuto, lo que se asemeja mucho a la fase de vigilia, que es el momento en el que nos encontramos aún conscientes y despiertos. Es por esta razón que nos deberíamos despertar en esta fase y al hacerlo nos sentiremos descansados, puesto que el último ciclo de sueño que hemos tenido ha sido completo.

Las distintas ondas que se producen (medidas en hertzios) reciben distintos nombres, (tal y como se ven en la figura):

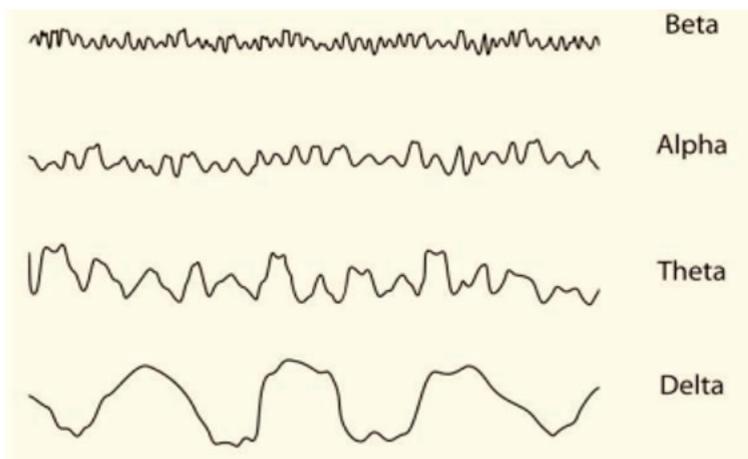


Imagen 2: extraída de (Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM)

- Alfa: se encuentra en el rango de 8 a 13 Hz y aparece cuando el sujeto está relajado en estado de vigilia con ojos cerrados. Se atenúa ante el esfuerzo mental, como al resolver problemas.
- Beta: con frecuencias de 13 a 30 Hz, esta onda se observa en individuos despiertos, alertas y con los ojos abiertos.
- Theta: de 4 a 8 Hz, se registra en sujetos durante el sueño REM (rapid eye movement).
- Delta: en el rango de 0,5 a 4Hz, es la onda dominante en las etapas 3 y 4 del sueño.
- Gamma: con frecuencias de 30 a 40 Hz, esta onda puede estar asociada con la actividad mental superior, incluyendo la percepción y conciencia.

Sabiendo el tipo de ondas que se presentan en todas las fases, ahora abordaremos cada fase de forma individual.

Aunque las fases del sueño son dos, también cabe destacar la fase de vigilia. Durante esta fase somos conscientes y utilizamos todos nuestros conocimientos y facultades. En esta etapa nos encontramos despiertos, el estado de vigilia se mantiene gracias al sistema reticular ascendente de activación, el cual influye en el tálamo y la corteza cerebral para facilitar su funcionamiento (Reinoso Suarez, 2017).

No-REM

La primera etapa es la fase no REM (non rapid eye movement) o no MOR (no movimientos oculares rápidos), que a su vez está subdividida en cuatro subetapas.

La etapa I es somnolencia o adormecimiento, en esta tiene lugar la desaparición del ritmo alfa del EEG, presenta tono muscular (estado de tensión muscular para mantener los músculos activos sin realizar movimiento), no hay movimientos oculares y, si los hay, son muy lentos (Velayos et al, 2007).

Las etapas II y III son de sueño ligero, en estas fases sigue sin haber movimientos oculares y hay tono muscular. La diferencia respecto a la etapa anterior es que aparecen los husos de sueño (periodos cortos de actividad cerebral que ocurren cada 3 o 6 segundos y duran 0,5 segundos); además hay una disminución del ritmo electroencefalográfico.

La etapa IV es de sueño profundo, esta es la fase más reparadora, el individuo cambia de posición y esta fase dura un 25% del total del tiempo del sueño. En esta fase el tono muscular puede estar reducido, no hay movimientos oculares y presenta un ritmo electroencefalográfico menor (ondas Delta) (Velayos et. al., 2007).

REM (rapid eye movement) o MOR (movimientos oculares rápidos)

Este estado del sueño constituye un 25% del sueño total; en cambio, en un recién nacido constituye un 50% del sueño (Velayos et. al.,2007).

Esta fase es llamada así porque se produce movimiento ocular, que se debe a que los músculos se encuentran activos. Además, el tono muscular se encuentra deprimido, lo que inhibe el control de los movimientos y produce la aparición de movimientos musculares irregulares. Las frecuencias cardíaca y respiratoria también varían y siguen patrones más irregulares (Hall. J. Guyton y Hall, 2021).

También se le denomina fase del sueño paradójico, pues la actividad electroencefalográfica se asemeja a la que poseemos en la fase de vigilia y esto resulta contradictorio, pues presentamos una actividad del encéfalo similar a cuando nos encontramos despiertos y, aun así, permanecemos completamente dormidos, de ahí la paradoja (Reinoso-Suárez, 2017). Además, también hay una desincronización del EEG, es decir, hay una caída del potencial en el registro electroencefalográfico, lo que sucede en las situaciones de alerta (Velayos et. al.,2007).

En resumen, en esta fase el encéfalo se encuentra activo, pero la actividad cerebral no va dirigida en el sentido apropiado para que la persona tome conciencia plena del medio (Hall. J. Guyton y Hall, 2021).

8.1.1. Calidad de vida dependiendo del sueño

La calidad de vida depende de muchos factores distintos, como la alimentación, la higiene, la salud física, entre otros. Sin embargo, hay un factor predominante que es el sueño, pues teniendo en cuenta que nos pasamos más de un tercio de nuestras vidas durmiendo, se considera un elemento importante a tener en cuenta.

El sueño tiene bastante influencia sobre nuestras vidas y se puede clasificar en distintos tipos. Entonces, podemos distinguir sueño corto, si la persona necesita 5 horas o menos para descansar correctamente; sueño medio (más común) si se trata de personas que duermen en torno a 7 u 8 horas; y, por último, sueño largo si necesitan más de 8 horas para sentirse descansados (Miró et. al., 2005).

Podríamos reconsiderar por qué, si los individuos de la especie humana son similares, existe distinción entre los ritmos circadianos, que son oscilaciones entre distintas variables biológicas en respuesta, principalmente, a la luz externa, lo que nos indica que es de noche y promueve el sueño. Estas variaciones dependen de una cuestión biológica que genera mayor variabilidad y protección. Ya que al tener distintos horarios en los que los individuos se acuestan el grupo colectivamente tiene menos horas en las que se encuentra sin protección alguna (Walter, 2019).

Además, independientemente de la cantidad de horas que se duerma, aun así, al despertarse se puede tener la sensación de no haber descansado. Es por ello que también podemos hablar de sueño efectivo o no efectivo.

Conociendo que el sueño puede ser largo, medio o corto; efectivo o no efectivo y que dormir conlleva bastante tiempo de nuestras vidas, expondremos distintas investigaciones en las que se explica cómo el sueño puede afectar a nuestra calidad de vida.

En primer lugar, podemos destacar la investigación de Kojima y cols. (2000) en la que distinguieron entre hábitos al dormir y al despertarse para analizar la relación entre la calidad de sueño y la mortalidad, llegando a la conclusión de que tanto la corta como la larga duración de sueño supone un aumento en la mortalidad, siendo de seis a ocho horas las justas y necesarias para mantener un buen nivel de vida. Además, se halló que, en hombres, aquellos que aseguraban conciliar el sueño fácilmente, tenían menos riesgo de mortalidad; por otro lado, no se observó relación

entre aquellos hombres que les suponía un mayor esfuerzo despertarse. Sin embargo, ocurría lo contrario en mujeres, no se encontraba relación entre el sueño y la mortalidad a la hora de conciliar el sueño, pero sí a la hora de despertarse, suponiendo mayor riesgo de mortalidad en aquellas mujeres a las que les costaba más despertarse.

En segundo lugar, en la investigación de Qureshi, Giles, Croft y Bliwise (1997) se observa la relación existente entre los patrones de sueño y el riesgo de derrame cerebral y enfermedades coronarias. Utilizando una cifra significativa de muestras llegan a la conclusión de que el riesgo de un derrame cerebral aumenta en personas que dormían más de 8 horas (sueño largo) y que, por el contrario, las posibilidades de tener un derrame cerebral se reducían en las personas que dormían entre 6 y 8 horas.

A través de estos datos se puede llegar a la conclusión de que factores predominantes en nuestras vidas, como la longevidad o las enfermedades que poseamos, se ven influenciados según la cantidad de horas de sueño diarias, siendo en la mayoría de los casos perjudicial dormir menos de seis horas y más de ocho.

8.1.2 Sueño en estudiantes

La adolescencia es un periodo en el que nos definimos como personas, y el sueño es un factor muy importante, puesto que ocupa gran parte de nuestras vidas. Es por ello que es importante saber cómo el sueño puede afectar en elementos importantes, como a la memoria.

El sueño influye en el aprendizaje. Porque existen tres procesos básicos que involucran a la memoria. El primero es la codificación, en la que se integra la información; a continuación, se almacena y, por último, la evocación, en la que se recuerdan los datos (Gleichgerricht, 2013). Es precisamente durmiendo cuando se produce la codificación y el almacenamiento de la información, siendo el sueño completamente necesario para producir recuerdos. Concretamente, en la fase REM y en la segunda fase del sueño NREM es cuando se produce la estabilización de las experiencias y la codificación (McGaugh, 2000).

El sueño produce una mejoría en la retención de información tanto antes como después de producirse el aprendizaje (Del Castillo y Mendoza, 2005). La duración del sueño es realmente poco significativa, puesto que, a pesar

de que exista una mejoría en el aprendizaje cuando se ha descansado un mayor número de horas, ciertos estudios han comprobado que, hasta siestas cortas, incluso de pocos minutos, pueden mejorar significativamente la retención de información. Se han realizado distintas investigaciones con el fin de analizar si el efecto positivo del sueño en la memoria ocurría de igual manera a todas las edades y esto ha sido corroborado en las conclusiones. Sin embargo, es en edades adultas o ancianas en las que más varía este factor (Carrillo-Mora et. al., 2013).

Entonces, para que se produzca un aprendizaje, es necesario tanto tener sueño antes para producir la formación de nuevos recuerdos, como después para consolidar la memoria. Sabiendo que el sueño beneficia a la memoria, podemos deducir que, en cambio, la privación de sueño afecta negativamente a nuestro aprendizaje (Del Castillo y Mendoza, 2005).

8.2. Las nuevas tecnologías

Las tecnologías se han convertido en el centro de nuestras vidas, en absolutamente cualquier actividad que realicemos va a estar involucrada algún tipo de tecnología. Actualmente el tipo tecnológico que más se ha estado generalizando en todas las edades y con mayor velocidad son los aparatos tecnológicos como el teléfono móvil, el portátil, la tablet... Todos estos ejemplos se han desarrollado mucho en los últimos tiempos, tanto que ya es normal ver a niños de edades tempranas enganchados a sus dispositivos.

Este avance vertiginoso de las tecnologías ha producido cambios en nuestros ritmos diarios de vida y esto incluye también la educación. Puesto que “la escuela no puede mantenerse estática ni al margen de los cambios sociales. Es por eso que no se puede concebir la educación fuera de la sociedad y al margen de los medios de comunicación” (María Moya Martínez, 2009: 2).

Debido a esto se crearon distintas leyes para la incorporación de los aparatos tecnológicos a las aulas, como las pantallas digitales, y además, se incorporó la asignatura de tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

Esta innovación, por un lado, sugiere cambios positivos para el alumnado, ya que de esta manera es más fácil la búsqueda de información, lo que aumenta el conocimiento de los alumnos. Sin embargo, por otro lado, también pro-

duce un efecto negativo ya que se producen nuevas distracciones (Muñoz Gutiérrez, 2023).

Es por esto que hay que tener en cuenta cuál es el papel de las tecnologías en la educación y buscar la manera de integrar ambas sin que suponga una distracción. El avance tecnológico es una realidad, puede generar algún tipo de preocupación acerca de que la educación se encargue de promover una información adecuada sobre ellas (Lorido, 2005).

8.2.1. Los jóvenes y las nuevas tecnologías

Es innegable que las tecnologías se han incorporado en nuestra rutina. En concreto en la de los adolescentes, pues el uso que estos hacen se ha interiorizado de tal manera que resulta normal revisar continuadas veces los mensajes nuevos.

En 2008 se realizó un análisis para determinar la verdadera relación de los adolescentes con los aparatos tecnológicos, llegando a la conclusión de que la mayoría de los adolescentes se encuentran inmersos en el mundo tecnológico de tal manera que no conciben la posibilidad de vivir sin sus dispositivos. Además, al hacer hincapié en los cambios que el uso de las tecnologías les ha producido en sus vidas, la mayoría son incapaces de responder pues han nacido en esta era. Por otro lado, se demostró que la razón principal por la que usaban tanto los aparatos eran para comunicarse. Es cierto que el uso de juegos, de redes sociales, de aplicaciones para ver películas y/o series están también muy generalizadas, sin embargo, el uso principal consistía en comunicarse con los amigos y de esta manera mantenerse en contacto incluso sin llegar a estar presentes. Aunque la investigación demuestra que su uso para el ocio es evidente, también demuestra que lo es para la búsqueda de información, la realización de trabajos y el aprendizaje de nuevos conceptos. Por lo tanto, los beneficios de las tecnologías solo vienen dadas dependiendo del uso que se les dé (Espinar Ruiz, González Río, 2008).

La frecuencia de su uso hoy en día se ha incrementado respecto a tiempos anteriores, suponiendo una utilización constante de ellas en todos los aspectos diarios, bien sean laborales, académicos o de entretenimiento. Además, la brecha tecnológica entre edades cada vez es menor, generando que las personas mayores y/o niños pequeños también las utilicen (Lambert Sarango, 2022).

Por otro lado, el uso constante de las tecnologías nos ha llevado a concebir una vida mayoritariamente sedentaria, produciendo un hábito dañino para nuestra salud y fortaleza física. No obstante, en una investigación realizada en un instituto de Granada, se determinó que las tecnologías pueden generar cierta motivación a la hora de ejercitarse y, de esta manera, se podrían utilizar en nuestro beneficio (Pérez-Díaz, et.al., 2023).

8.2.2. Adicciones

Una adicción, según la Real Academia Española (RAE), es la "dependencia del consumo de alguna sustancia o de la práctica de una actividad", por lo que presentar una adicción a las nuevas tecnologías o a las redes sociales se entiende como la necesidad de utilizarlas en todo momento. La adicción se desarrolla a partir de la repetición de comportamientos de manera prolongada, lo que produce el dominio sobre la vida del individuo, siendo este hecho realmente perjudicial (Pérez Ramírez, Rodríguez y Ramírez Pacheco, 2022).

Existen distintos factores que influyen en las adicciones. En primer lugar, el producto, que en este caso es abundante y de fácil acceso; en segundo lugar, el entorno, que es muy favorable, pues vivimos en una sociedad digital y repleta de anuncios publicitarios que promueven las tecnologías; y en tercer lugar, el sujeto, en este factor influye la personalidad de cada persona y el nivel de dependencia (Pérez Ramírez, Rodríguez y Ramírez Pacheco, 2022).

Aunque podamos percibir que este último factor depende bastante de la persona con la que estemos tratando, nos podemos dar cuenta de que, en cambio, los otros dos factores favorecen la adicción.

Actualmente, la adicción a las tecnologías más preocupante es la de los videojuegos, debido a que está muy extendida. En el año académico 2022-2023 se realizó un trabajo de fin de máster en el que se analizaban el comportamiento y la adicción a las tecnologías de más de cuatro mil personas. Se llegó a la conclusión de que el sexo es un factor predominante, pues la adicción de los hombres duplica la de las mujeres. Sin embargo, la edad, dentro del rango que se trató (12-18 años) no es tan predominante. Por otro lado, un bajo rendimiento académico suele estar relacionado con un uso persistente. Además, se demostró

que aquellas personas que eran adictas se encontraban más inclinadas a realizar ciberacoso. También analizaron la variable que tiene relación con la búsqueda de la gratificación, siendo de carácter inmediata en las personas adictas, lo que provoca que sean incapaces de hacer acciones de mayor esfuerzo (Ignacio Capafons Sosa, 2023). Por lo tanto, presentar una adicción a las nuevas tecnologías puede provocar efectos muy perjudiciales en las personas, como desarrollar altos niveles de agresividad o de nerviosismo y empeorar las relaciones sociales o familiares por la incapacidad de expresarse de manera adecuada. Además, también puede suponer problemas para la salud, como el desarrollo de miopía, obesidad, trastornos del sueño, ansiedad o depresión, aspectos que nos afectan de manera constante en nuestro día a día (Aranda Peñalver, 2023).

8.2.3. Impacto de las tecnologías

Las tecnologías influyen en nuestra vida diaria más de lo que podemos reconocer. En primer lugar, encontramos la atención parcial continua (CPA), que consiste en el deseo de no perderse nada, estando en alerta constante y persistente. En situaciones de alerta la CPA es beneficiosa debido a que estás más predisuesto a detectar los cambios a tu alrededor. Sin embargo, cuando esta conducta se convierte en la manera habitual de enfrentar la vida cotidiana puede acarrear distintos problemas. Por ejemplo, no poder concentrarse en una acción durante un tiempo prolongado, o también el hecho de que, al estar expuestos a una CPA constante, nuestro cerebro sufre una sobreestimulación, lo que puede desencadenar un cansancio cerebral que está presente en personas que se encuentran distraídas, cansadas, irritadas sin razón aparente. Además, el incumplimiento de las tareas también puede desarrollar un sentimiento de impotencia (Quiroga Méndez, 2011).

La CPA se puede confundir con la multitarea mediática, que consiste en el constante cambio de pantallas, aplicaciones y notificaciones, lo que puede originar déficits de atención, perjudicando el desarrollo cognitivo, acotando el pensamiento creativo y entorpeciendo las relaciones sociales y académicas. Sin embargo, la multitarea pretende aprovechar el tiempo con alguna finalidad, aunque para ello se sobreestime excesivamente (Aranda Peñalver, 2023).

El trastorno de déficit de atención (TDA) es una enfer-

medad neurológica que supone que las personas que lo padecen sean incapaces de establecer un foco de atención durante un tiempo prolongado. Se suele diagnosticar en la niñez y suele perdurar hasta la vida adulta. En los últimos años este trastorno ha aumentado debido al avance de las tecnologías por distintas razones. La primera es que el cambio constante del foco de atención destruye el desarrollo del proceso cognitivo; la segunda, es que la demanda visual debilita el desarrollo del lenguaje, lo que tiene grandes consecuencias a nivel lingüístico; en tercer lugar, tenemos el estado hipnótico que se produce al usar las tecnologías, lo que estimula las ondas cerebrales lentas; en cuarto y último lugar, el uso constante de la televisión produce la activación emocional, sobre todo emociones agresivas y de tensión, que impiden la creación de sistemas que regulen la intensidad de las emociones, afectando a la integración social (Quiroga Méndez, 2011).

Por otro lado, las redes sociales (RRSS) permiten la conexión con cualquier parte del mundo, lo que genera grandes avances en las comunicaciones. Sin embargo, gran parte de los adolescentes comienzan a desear una vida como la que se les muestra en las pantallas, queriendo algo que ni siquiera es real, lo que genera expectativas poco realistas que acaban dañando la autoestima de las personas (Aranda Peñalver, 2023). Además, otra preocupación es el hecho de que las RRSS obstaculizan el desarrollo del procesamiento emocional, debido a que las relaciones virtuales carecen de una retroalimentación emocional. En exceso, la empatía también se ve mal influenciada, ya que su desarrollo depende de una relación real dentro de un contexto social (Quiroga Méndez, 2011).

Otro punto a tener en cuenta es la plasticidad del cerebro. Pues es capaz de reestructurarse y generar diversos circuitos cerebrales y dependiendo de las actividades a las que se exponga se producen estimulaciones de distintos lados cerebrales. Es por ello que hay que tener en cuenta cómo utilizar las tecnologías a nuestro favor para que sirvan para desarrollar el aprendizaje. Actualmente se puede encontrar la información de manera rápida y sin coste alguno y es por ello que el factor importante no es la búsqueda de los datos sino su comprensión, debido a eso hay que aprovechar la disponibilidad de la información (Pattier et.al., 2022).

8.3. Influencia de las tecnologías en el sueño

Como ya se ha comentado, la calidad de vida depende en gran medida de poseer un sueño reparador y cuestiones como la salud física y psicológica se ven influenciadas por el sueño. Es por esto que tener un desajuste de las horas de sueño causado por las tecnologías resulta tan perjudicial, pues su uso produce una reducción del ritmo circadiano, crea patrones de sueño irregulares, genera trastornos como el insomnio y, además, también se pierden minutos de sueño; todas estas consecuencias producen que la eficiencia del sueño disminuya (Celis Infante et. al., 2022).

El principal factor que nos perjudica es la luz de las pantallas, debido a que puede afectar en la producción de melatonina, la hormona del sueño, alterando el ritmo circadiano, el cual genera ritmos constantes sincronizados del día y la noche, está presente en toda nuestra existencia, pues gracias a ello se programa la organización de todas nuestras actividades. Al usar las tecnologías antes de acostarnos, estamos modificando nuestro propio ritmo interno, debido a que la excesiva luz nos hace suponer que es de día, retrasando así la hora de acostarse y desestructurando las actividades programadas para el día. Además, la luz excesiva también puede generar problemas de vista como la miopía (Instituto del sueño, 2019).

Por otro lado, el contenido estimulante antes de acostarnos también nos influye de manera negativa, debido a que aumenta los estados de activación y alerta, lo que produce que nuestro cerebro se encuentre demasiado activo como para poder descansar adecuadamente. Esto provoca, a la vez, que nuestro sueño sea alterado y vano; así mismo esto puede generar consecuencias en las defensas del cuerpo, pues la dificultad para dormir puede debilitar al sistema inmune aumentando la probabilidad de contraer enfermedades o generar trastornos del sueño (Cabanillas Vargas, Huacho Perez, 2020).

Además, el uso excesivo de las tecnologías antes de dormir produce una reducción de la capacidad mental, pues la liberación constante de dopamina (neurotransmisor que se libera cuando estamos experimentando una sensación de placer y/o bienestar) reduce la concentración, produciendo que tareas largas y que requieren más esfuerzo sean completamente imposibles de realizar. Este hecho también ocurre cuando se utilizan las tecnologías de manera muy pro-

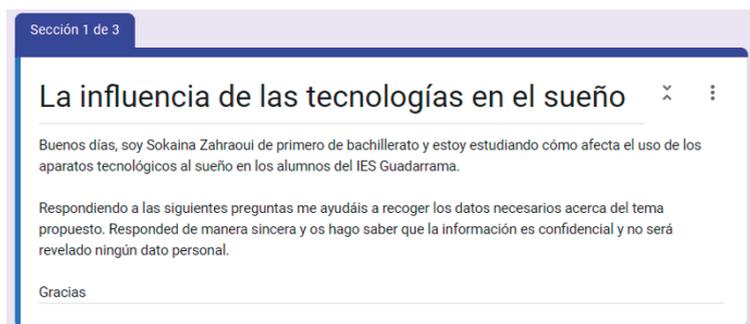
longada durante el día y no únicamente antes de acostarse. Sin embargo, es conocido que en el rango de horas previas a dormir es aún más perjudicial, pues es el momento en el que el cerebro procesa los datos acumulados durante el día y se prepara para las actividades posteriores.

9. RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

En esta investigación se realizó una encuesta cualitativa, que abordaba la población del instituto del IES Guadarrama. El rango de edad en las respuestas data de los 12 a los 18 años. Se llegaron a obtener 223 respuestas, con ellas se llegaron a diversos resultados y se aplicó la prueba del chi-cuadrado para comprobar distintas hipótesis.

9.1. Cuestionario

En primer lugar, se realizó una presentación para familiarizar a los alumnos con el tema de la actividad en la que estaban participando y garantizarles que sus respuestas se mantendrán en anonimato.

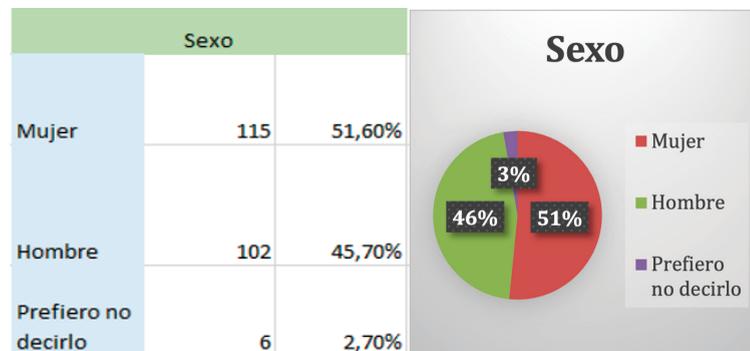


En segundo lugar, se realizaron algunas preguntas de interés con el fin de dividir en distintos grupos a los alumnos participantes. Se indagó acerca de la edad y el género, datos que posteriormente serían empleados para un estudio cualitativo. A continuación, se detallaron las preguntas más predominantes para la investigación. Por ejemplo, “¿crees que el uso excesivo de los aparatos tecnológicos afecta a la calidad de sueño?” o “¿cuántas horas duermes al día?”.

Todas las preguntas formuladas y sus posibles respuestas se encuentran adjuntadas en el anexo I.

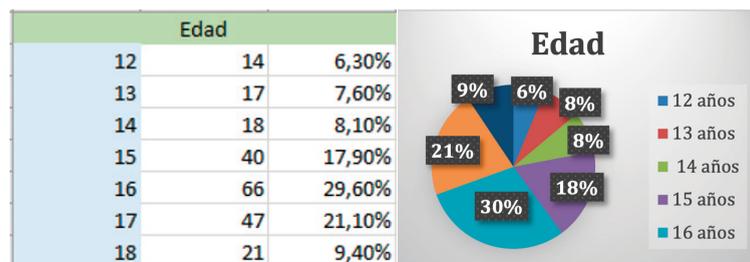
9.2. Resultados:

1. El número de mujeres que respondieron a las encuestas fue un 51,60% del total; los hombres que respondieron fueron 102 y las personas que decidieron abstenerse de decir su sexo fueron 6 respecto al total. (Figura nº1)



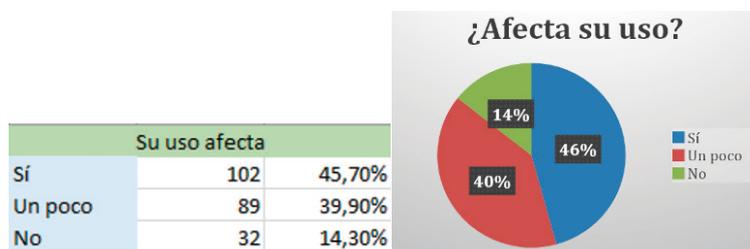
Elaboración propia, figura nº1 Elaboración propia, grafico nº1

2. Las edades que recogieron datan de los 12 hasta los 18 años, distribuyéndose las respuestas según la figura nº2



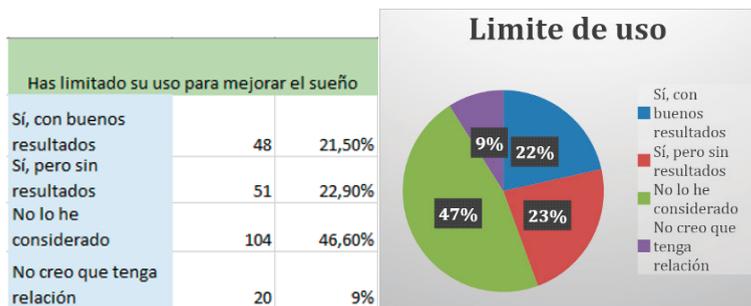
Elaboración propia, figura nº2 Elaboración propia, grafico nº2

3. En esta pregunta se trataba de identificar si los alumnos piensan que el uso de estas tecnologías afecta. Se detecta que un 45,70% sí que aprecia la influencia, sin embargo, un 39,90% indica que la influencia es poca y un 14,30% de la población piensa que no afecta en absoluto.



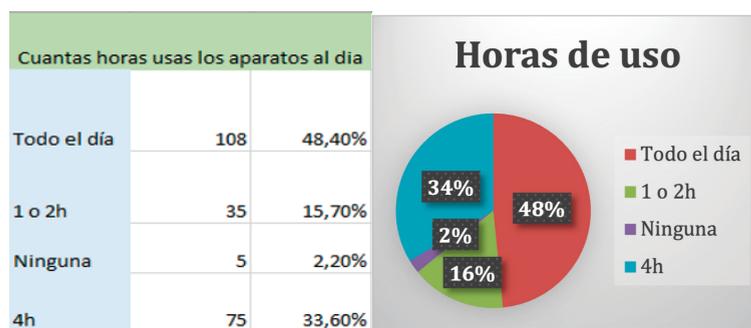
Elaboración propia, figura nº3 Elaboración propia, grafico nº3

4. Se preguntó acerca de los límites de uso que ejercían los alumnos y solo un 21,50% indicaba que había obtenido buenos resultados; el grupo más abundante ni siquiera lo había considerado.



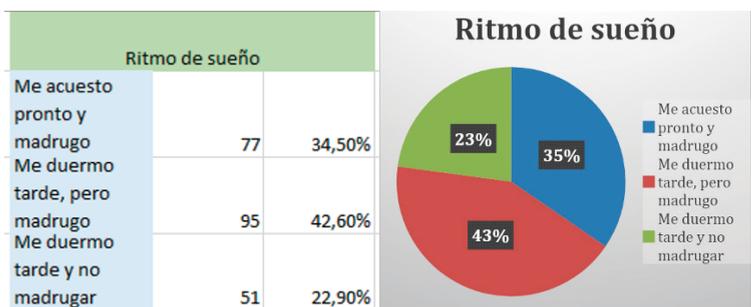
Elaboración propia, figura n°4 Elaboración propia, grafico n°4

5. Se preguntó el número de horas de uso de los dispositivos tecnológicos. El grupo más abundante (48%) las utiliza prácticamente todo el día, seguidos por el 34% de la población que las usa alrededor de 4 horas diarias, siendo solo un 2% quienes no las utilizan.



Elaboración propia, figura n°5 Elaboración propia, grafico n°5

6. Después se preguntó el ritmo de sueño para saber cuál era el más predominante. La mayoría de la población se acuesta tarde, pero aun así madruga.



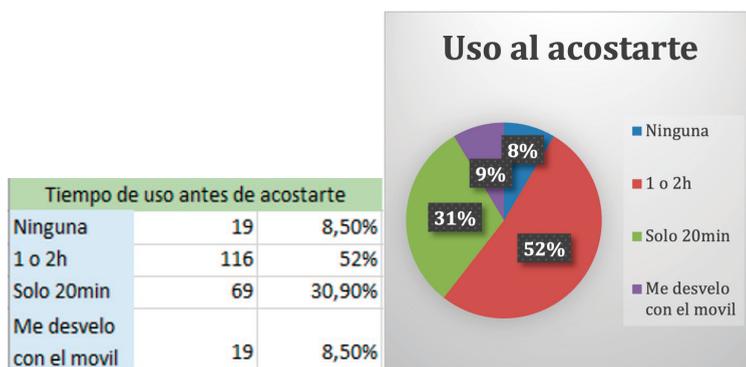
Elaboración propia, figura n°6 Elaboración propia, grafico n°6

7. También se preguntó el número de horas de uso al despertar. Más de la mitad del total tan solo las utiliza 20 minutos.



Elaboración propia, figura n°7 Elaboración propia, grafico n°7

8. Se preguntó el tiempo de uso de los dispositivos tecnológicos y se observa que la mayoría de los alumnos, los utilizan de 1 a 2 horas. También resulta impactante como hay un mayor porcentaje (9%) de personas que los utilizan prácticamente toda la noche, al porcentaje (8%) de alumnos que no los usan ninguna hora. También cabe destacar que el 31% los utilizan únicamente 20 minutos.



Elaboración propia, figura n°8 Elaboración propia, grafico n°8

9. En la pregunta del número de horas del sueño, se destaca que gran parte de las respuestas rondan en torno a las 6 u 8 horas. Sin embargo, existe el mismo porcentaje entre personas que duermen más de 9 horas y los que duermen de 4 a 5 horas.

Horas de sueño		
3 o menos	4	1,80%
De 4 a 5h	29	13%
De 6 a 8h	161	72,20%
Más de 9	29	13%

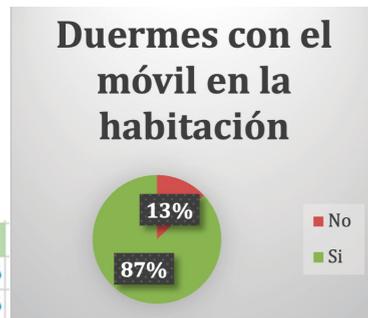


Elaboración propia, figura nº9

Elaboración propia, grafico nº9

10. La mayoría de los alumnos duermen con el móvil dentro de la habitación.

Duermes con el móvil en la habitación		
No	29	13%
Si	194	87%



Elaboración propia, figura nº10

Elaboración propia, grafico nº10

11. Se cuestionó que nivel de dificultad presentaban a la hora de dormir, un 49% indica que no presenta ningún tipo de dificultad, pero un 42% indica que presenta un poco de dificultad.

Dificultades para dormir		
Ninguna	110	49,30%
Un poco de dificultad	93	41,70%
Gran dificultad	20	9%



Elaboración propia, figura nº11

Elaboración propia, grafico nº11

12. La mayoría de los alumnos (46%) se despierta ocasionalmente en medio de la noche, sin embargo, un 34% no se levanta nunca.

Te despiertas por la noche porque no puedes dormir		
Sí y me cuesta volver a dormirme	24	10,80%
Alguna vez	102	45,70%
Sí, pero me vuelvo a dormir	21	9,40%
Nunca	76	34,10%

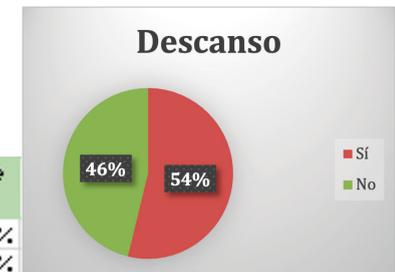


Elaboración propia, figura nº12

Elaboración propia, grafico nº12

13. También se cuestionó si los alumnos se sienten descansados. Un 55% indica que sí y el 45% indica que no se sienten descansados.

Te sientes descansado cuando te despiertas		
Sí	120	54,00%
No	103	46,00%



Elaboración propia, figura nº13

Elaboración propia, grafico nº13

9.3. Chi-cuadrado:

Después de analizar las preguntas de manera individual, se ha aplicado el test del chi-cuadrado, una prueba en la que se confirman o refutan las hipótesis nulas, a partir de comparar las frecuencias resultantes con las esperadas.

Este método ha sido puesto en práctica para comprobar o refutar cada una de las siguientes hipótesis:

- El número de horas que utilices las nuevas tecnologías antes de acostarse influye en el número de horas de sueño.
- El número de horas que utilices las nuevas tecnologías antes de acostarse influye en sentirte descansado.
- El número de horas que utilices las nuevas tecnologías antes de acostarse aumenta la dificultad para conciliar el sueño.
- El uso de las tecnologías no varía dependiendo de la edad.
- El uso de las tecnologías no se ve influenciado del sexo.

9.3.1. Número de horas de uso y de sueño.

Partiendo de la premisa de la hipótesis nula “las variables no presentan influencia”, se ha recogido todas las respuestas relacionadas con el uso de los aparatos tecnológicos y las horas de sueño diarias. Posteriormente, se aplicó la prueba del chi-cuadrado, que ha rechazado la hipótesis nula, demostrando la existencia de relación entre las variables. Este resultado respalda la hipótesis propuesta.

Se detalla el análisis matemático en la prueba del chi-cuadrado 1: Anexo II.

9.3.2. Número de horas de uso y descanso.

Se recogieron los datos de las horas de uso de las tecnologías y las respuestas sobre si los alumnos se sentían descansados. Tras aplicar el chi-cuadrado se rechazó la hipótesis nula “no existe relación entre las variables”. Este resultado comprueba la hipótesis propuesta.

Se detalla el análisis matemático en la prueba del chi-cuadrado 2: Anexo III.

9.3.3. Número de horas de uso y dificultad para conciliar el sueño.

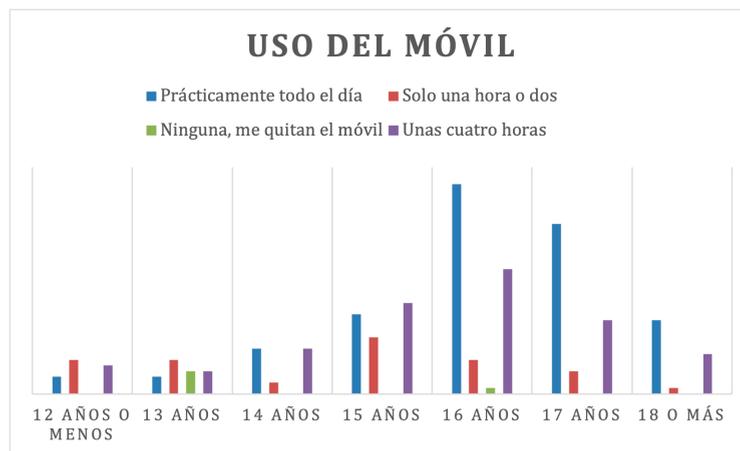
Se aplicó el chi-cuadrado para comprobar o refutar la hipótesis nula “no hay relación entre el número de horas de uso y la dificultad para conciliar el sueño”, llegando a la conclusión de que la hipótesis nula es rechazada, ya que existe influencia entre las variables.

Se detalla el análisis matemático en la prueba del chi-cuadrado3: Anexo IV.

9.3.4. Uso de las tecnologías y la edad.

Se quería comprobar si el uso que los alumnos le dan a las tecnologías se ve influenciado dependiendo de la edad. El análisis mediante la prueba del chi-cuadrado demostró que, existe una influencia significativa, tal como se observa en el siguiente gráfico. Se observa que los alumnos mayores son los utilizan con mayor frecuencia las tecnologías, en contraste las edades más jóvenes muestran un menor uso de los dispositivos tecnológicos. Este resultado refuta la hipótesis planteada.

Se detalla el análisis matemático en la prueba del chi-cuadrado4: Anexo V.



9.3.5. Uso de las tecnologías y el sexo.

Se compararon los datos de uso en función del sexo. Tras aplicar el chi-cuadrado, se llegó a la conclusión de que la hipótesis nula, que sostiene “ninguna relación entre ambas variables” es válida. Por lo tanto, se confirma la hipótesis propuesta.

Se detalla el análisis matemático en la prueba del chi-cuadrado5: Anexo VI.

9.4. Posibles márgenes de error

Al realizarse una encuesta como forma de recopilar los datos de los alumnos, puede existir un margen de error dependiendo de sus repuestas. Ya que se parte de la base de que los alumnos participantes han completado la encuesta a conciencia, de la manera contraria, si han contestado las preguntas de forma aleatoria puede resultar en un margen de error.

10. CONCLUSIONES

Tras realizar una investigación sobre los hábitos de sueño y de uso de las tecnologías de los alumnos del IES Guadarrama y de aplicar el Chi-cuadrado se ha llegado a distintas conclusiones:

- Se ha demostrado la hipótesis general “el uso de las tecnologías influye de manera negativa en el sueño, produciendo que los alumnos descansen peor”. Ya que según muestran los resultados de la prueba de chi-cuadrado I, II y III los alumnos que utilicen los dispositi-

vos antes de acostarse en mayor medida descansarán menor número de horas y al despertar se sentirán menos descansados. Además de que tendrán una mayor dificultad a la hora de conciliar el sueño perjudicando el descanso.

- Se ha refutado la hipótesis específica de “el uso de las tecnologías no varía dependiendo de la edad”, puesto que se ha demostrado que los alumnos de mayor edad consumen más horas su contenido.
- En cuanto a la hipótesis específica de “el uso de las tecnologías no se ve influenciado del sexo” se ha verificado, pues ambas variables no tienen relación entre ellas.
- También cabe destacar el nivel de conciencia de los estudiantes del IES Guadarrama, ya que menos de la mitad de los cuestionados piensan que afectan realmente, el resto de los alumnos piensa que afecta solo un poco o incluso nada. Además, menos de una cuarta parte de la población han considerado limitar su uso y han obtenido resultados, siendo el mayor porcentaje de alumnos aquellos que no lo han considerado o que piensan que no afectan. Dándonos cuenta de que, con la excepción de parte de los alumnos, la mayoría no tiene gran conciencia de este problema que indirectamente les afecta en su salud y rutina.

En conclusión, el nivel de vida que se está desarrollado, caracterizado por la vida virtual, nos puede ofrecer distintos beneficios, pero también nos perjudica en gran parte afectándonos en aspectos cotidianos como puede ser el sueño. Por lo tanto, debemos de ser conscientes del empleo de los dispositivos y utilizar todas las herramientas que contienen en nuestro beneficio.

11. PRÓXIMAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Encontrándonos ante un tema actual de gran interés social, podemos brindar distintos ejemplos de líneas de investigación próximas:

- Buscar la relación entre el descanso y el rendimiento académico. En un principio este tema se quería llevar a cabo, sin embargo, posteriormente se descartó, porque

se prefirió realizar el análisis del sueño en relación con los dispositivos electrónicos.

- Las tecnologías tienen un impacto significativo en el ámbito emocional. A través del presente trabajo, se han demostrado todos los impactos de las tecnologías en el sueño, pero también sería interesante analizar el impacto tecnológico en las emociones.
- Analizar cómo la tecnología influye a las nuevas generaciones. Puesto que, las edades más tempranas han nacido en la era digital, lo que limita su perspectiva del mundo y no conciben la vida sin las tecnologías.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, F. S., Almonacid, F. R., Aznar, M. M., Jiménez, M. G., Martínez, P. R., & Navarro, A. M. (2005). Hábitos de sueño y problemas relacionados con el sueño en adolescentes: relación con el rendimiento escolar. *Atención primaria*, 35(8), 408-414. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0212656705703851> [Fecha de consulta 12/07/23]

Andréu, M. M., de Larrinaga, A. Á. R., Pérez, J. A. M., Martínez, M. Á. M., Cuesta, F. J. P., Guerra, A. J. A., ... & Esteban, B. B. (2016). Sueño saludable: evidencias y guías de actuación. Documento oficial de la Sociedad Española de Sueño. *Revista de Neurología*, Vol. 63 (Supl 2), S1-S27. Recuperado de: <https://ses.org.es/wp-content/uploads/2016/12/rev-neurologia2016.pdf> [Fecha de consulta 13/06/23]

Angilar Reyes, J.E; Valverde Aguirre, P.E; Sánchez Vimos, J.E y Altamirano Novillo, T. A. (2019). Uso de dispositivos tecnológicos de los estudiantes de Fima de la Espoch, carrera de Estadística. *Ciencia Digital*, Vol. 3 (Nº3.3), p. 95-110. Recuperado de: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/773/1823> [Fecha de consulta 12/05/23]

Aranda Peñalver, B. (2023). Adicción a las nuevas tecnologías en la adolescencia (Bachelor's thesis). Recuperado de: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/707964> [Fecha de consulta 9/8/23]

Cabanillas Vargas, S. B., & Huacho Perez, R. (2020). Calidad de sueño y uso de aparatos tecnológicos en los adolescentes de una Institución Educativa, San Juan de Lurigancho. [Tesis: Universidad César Vallejo] Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/76107/Cabanillas_VSB%20-%20Huacho_PR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Fecha de consulta 06/09/23]

- Calvo Merino, E. (2020). Análisis de electroencefalogramas para la detección automática de las fases del sueño. [Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid]. Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42475/TFG-%20G4141.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Fecha de consulta: 21/05/23]
- Carrillo-Mora P, Ramírez-Peris J, Magaña-Vázquez K. (2013). Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. *Rev Fac Med UNAM*, 56(4), 5-15. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=43013> [Fecha de consulta 22/06/23]
- Contreras, S. A. (2013). Sueño a lo largo de la vida y sus implicancias en salud. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 24(3), 341-349. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864013701718> [Fecha de consulta 15/06/23]
- Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM. Fisiología de la actividad eléctrica del cerebro. Unidad temática I sesión VII (a). Recuperado de: <https://fisiologia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2019/09/UTI-pr%C3%A1ctica-7-a.-Electroencefalograma.pdf> [Fecha de consulta 3/12/23]
- García-Borreguero, D. (2015). Las nuevas tecnologías afectan al sueño. Recuperado de: <https://www.iis.es/las-nuevas-tecnologias-afectan-al-sueno/> [Fecha de consulta 06/09/23]
- Guadamuz Delgado, J., Miranda Saavedra, M., Mora Miranda, N., (2022). Trastornos del sueño: prevención, diagnóstico y tratamiento. *Revista Médica Sinergia*, Vol.7 (Núm.7), e860. Recuperado de: <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/860/1801> [Fecha de consulta 8/9/23]
- Gutiérrez, B. S. M. (2023). El papel de la didáctica en una generación atrapada en las redes. *Revista Licienso UT*, (5), 34-37. Recuperado de: <https://revistas.ut.edu.co/index.php/lici/article/view/3158/2556> [Fecha de consulta 31/07/23]
- Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, Alessi C, Bruni O, DonCarlos L, Hazen N, Herman J, Adams Hillard PJ, Katz ES, Kheirandish-Gozal L, Neubauer DN, O'Donnell AE, Ohayon M, Peever J, Rawding R, Sachdeva RC, Setters B, Vitiello MV, Ware JC. (2015) National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report. *Sleep Health*, 1(4):233-243. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29073398/> [Fecha de consulta 23/05/23]
- Kojima, M., Wakai, K., Kawamura, T., Tamakoshi, A., Aoki, R., Lin, Y., ... & Ohno, Y. (2000). Sleep patterns and total mortality: a 12-year follow-up study in Japan. *Journal of epidemiology*, 10(2), 87-93. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10778032/> [Fecha de consulta 15/06/23]
- Lorido, Martín Pérez. (2005). Nuevas tecnologías y educación. *Cadernos de Psicopedagogía*, 5(9). Recuperado de: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1676-10492005000100007&script=sci_arttext [Fecha de consulta 1/08/23]
- Marañón, P. L. P., & Castilla, C. D. S. Adicción a los videojuegos en población adolescente canaria: Variables psicológicas y psicosociales implicadas. [Trabajo de Fin de Máster: Máster Universitario en Psicología General Sanitaria]. Recuperado de: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/32410/Adiccion%20a%20los%20videojuegos%20en%20poblacion%20adolescente%20canaria%20Variables%20psicologicas%20y%20psicosociales%20implicadas..pdf?sequence=1> [Fecha de consulta 10/08/23]
- María, A., & Martínez, M. (2009). LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA EDUCACIÓN. Iberclase.com. Recuperado de: https://www.iberclase.com/wp-content/uploads/2019/06/ANTONIA_M_MOYA_1.pdf [Fecha de consulta 31/07/23]
- Mendoza, L. A., Caballero, S., Ormea, V., Aquino, R., Yaya, E., Portugal, A., ... & Muñoz, A. (2017). Neurociencia del sueño: rol en los procesos de aprendizaje y calidad de vida. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 7(2). Recuperado de: <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/524> [Fecha de consulta 15/06/23]
- Miro E., Cano-Lozano M., Buena-Casal G. (2005). Sueño y calidad de vida. *Revista Colombiana de Psicología*, núm. 14, pp. 11-27. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/804/80401401.pdf> [Fecha de consulta 14/06/23]
- Méndez, M. P. Q. (2011). El impacto de las nuevas tecnologías y las nuevas formas de relación en el desarrollo. *Psicología Educativa. Revista de los Psicólogos de la Educación*, 17(2), 147-161. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/6137/613765482003.pdf> [Fecha de consulta 24/08/23]
- National Heart Lung and Blood Institute. (2005). Your guide to healthy sleep (No. 6). DIANE. Recuperado de: https://www.nhlbi.nih.gov/files/docs/public/sleep/healthy_sleep.pdf [Fecha de consulta 25/05/23]
- Pattier, D., & Reyero, D. (2022). Aportaciones desde la teoría de la educación a la investigación de las relaciones entre cognición y tecnología digital. *Educación XX1*, 25(2), 223-241. Recuperado de: <https://lamjol.info/index.php/alerta/article/view/11247> [Fecha de consulta 25/08/23]
- Pérez-Díaz, J. J., Salas-Montoro, J. A., Rodríguez-Gallego, L., & Mateo-March, M. (2023). Impacto de las nuevas tecnologías

en los niveles de actividad física y sedentarismo en el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria: Diagnóstico y plan de acción. SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte, 9-9. Recuperado de: <https://revistas.um.es/sportk/article/view/568331/341941> [Fecha de consulta 5/8/23]

Quispe Calla, L. D. (2023). Asociación entre calidad de sueño, niveles de ansiedad y rendimiento académico en estudiantes de una academia preuniversitaria en Arequipa. Recuperado de: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/49f4e8f0-1787-4e85-aa85-28c93a1c065a/content> [Fecha de consulta 9/9/23]

Reinoso-Suárez, F. (2005). Neurobiología del sueño. Revista de Medicina de la Universidad de Navarra, Vol. IL (Num.1), 10-17. Recuperado de: <https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-medicina/article/view/7496/6588> [Fecha de consulta 7/06/28]

Ruiz, E. E., & Río, M. J. G. (2008). Jóvenes conectados. Las experiencias de los jóvenes con las nuevas tecnologías. Revista Española de Sociología, (9), 109-122. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3525904.pdf> [Fecha de consulta 4/8/23]

Sacoto Álvarez, R.A., Cárdenas Cordero N.M., Castro Salazar, A.Z., (2018). Influencia de la tecnología en el desarrollo integral de los niños en la primera infancia. Cuenca: Instituto Superior Tecnológico Bolivariano. Recuperado de: <https://www.pedagogia.edu.ec/public/docs/0f69b60d2e386c84fa62276849e7200f>. Álvarez [Fecha de consulta 15/05/23]

Saló Casajuana, C. (2019). Clasificación de las fases del sueño utilizando señales EEG (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/128953> [Fecha de consulta: 22/05/23]

Sarango, Y. E. L. (2022). El impacto del Internet y las hipermediaciones en los jóvenes de la sociedad actual, las transformaciones y la disrupción tecnológica hasta los metaversos. Revista Tecnológica-ESPOL, 34(4), 153-173. Recuperado de: <http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/965> [Fecha de consulta 5/8/23]

Velayos, J. L., Moleres, F. J., Irujo, A. M., Yllanes, D., & Paternain, B.. (2007). Bases anatómicas del sueño. Anales del Sistema Sanitario de Navarra, 30(Supl. 1), 7-17. Recuperado de: <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v30s1/02.pdf> [Fecha de consulta 8/06/2023]

Walker, M. (2020). ¿Por qué dormimos?: La nueva ciencia del sueño. Madrid: Capitán Swing Libros, S. L.

13. Anexos

Anexo I: Cuestionario

La influencia de las tecnologías en el sueño

Buenos días, soy Sokaina Zahraoui de primero de bachillerato y estoy estudiando cómo afecta el uso de los aparatos tecnológicos al sueño en los alumnos del IES Guadarrama.

Respondiendo a las siguientes preguntas me ayudáis a recoger los datos necesarios acerca del tema propuesto. Responded de manera sincera y os hago saber que la información es confidencial y no será revelado ningún dato personal.

Gracias

* Indica que la pregunta es obligatoria

Sección sin título

1. ¿Cuántos años tienes? *

Marca solo un óvalo.

- 12 años o menos
 13 años
 14 años
 15 años
 16 años
 17 años
 18 o más

2. ¿Con qué sexo te identificas? *

Marca solo un óvalo.

- Mujer
 Hombre
 Prefiero no decirlo

3. ¿Crees que el uso excesivo de los aparatos tecnológicos antes de dormir, afecta a la calidad de sueño? *

Marca solo un óvalo.

- Sí, demasiado
 Un poco
 No, para nada

4. ¿Has realizado algún uso consciente por limitar el uso de dispositivos tecnológicos para mejorar el sueño? *

Marca solo un óvalo.

- Sí, con buenos resultados
 Sí, pero no ha tenido un impacto significativo
 No he considerado limitar su uso
 No creo que tenga relación

5. ¿Cuántas horas utilizas los aparatos tecnológicos al día? *

Marca solo un óvalo.

- Prácticamente todo el día
- Solo una hora o dos
- Ninguna, me quitan el móvil
- Unas cuatro horas

6. ¿Cuál es tu ritmo de sueño? *

Marca solo un óvalo.

- Rindo mejor cuando me duermo pronto y madrugo
- Prefiero dormirme tarde, pero si es necesario puedo madrugar sin problema
- Me duermo muy tarde y me cuesta mucho madrugar, prefiero dormir hasta tarde

7. ¿Cuánto tiempo usas los aparatos tecnológicos (móvil, tablet, televisión, Kindle...) antes de dormirte? *

Marca solo un óvalo.

- Ninguna me duermo sin revisar ningún aparato tecnológico
Salta a la pregunta 7
- 1 o 2 horas
- Solo reviso los mensajes (20 minutos)
- Me desvelo con el móvil y no duermo prácticamente nada

8. ¿Cuántas horas duermes al día? *

Marca solo un óvalo.

- 3 o menos
- De 4 a 5 horas
- De 6 a 8 horas
- Más de 9

9. ¿Duermes con el móvil en la habitación? *

Marca solo un óvalo.

- No, lo dejo fuera
- Sí, lo dejo cerca

10. ¿Tienes dificultades para dormir? *

Marca solo un óvalo.

- No tengo ninguna dificultad, me duermo al momento
- Tengo un poco dificultad, me cuesta dormirme
- Tengo una gran dificultad, me paso horas sin dormir

11. ¿Te despiertas por la noche debido a que no puedes dormir? *

Marca solo un óvalo.

- Sí, varias veces y me cuesta volver a dormirme
- Alguna vez
- Nunca, desde que me duermo no me despierto hasta que suene el despertador
- Sí, pero me vuelvo a dormir pronto

12. ¿Te sientes descansado cuando te despiertas? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

13. Al despertarte, ¿cuántas horas usas los aparatos tecnológicos (móvil, tablet, televisión, Kindle...)? *

Marca solo un óvalo.

- Ninguna
- Solo lo reviso un rato (20 minutos)
- 1-2 horas o mas

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

<https://docs.google.com/forms/d/16FKBZFACASq7NVKneEml1SmW6XUsvtWYnSClpe-ECyc/edit>

4/5

Anexo II: Número de horas de uso y de sueño.

Hipótesis nula:
El número de horas que se duerme es independiente del número de horas que se utilizan las nuevas tecnologías antes de acostarse.

	3 o menos	De 4 a 5 horas	De 6 a 8 horas	Más de 9	Total
Ninguna me di	1	2	11	5	19
1 o 2 horas	1	14	85	16	116
Solo reviso los	0	9	52	8	69
Me desvelo co	2	4	13	0	19
Total	4	29	161	29	223

	3 o menos	De 4 a 5 horas	De 6 a 8 horas	Más de 9	Total
Ninguna me di	25%	7%	7%	17%	9%
1 o 2 horas	25%	48%	53%	55%	52%
Solo reviso los	0%	31%	32%	28%	31%
Me desvelo co	50%	14%	8%	0%	9%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

	3 o menos	De 4 a 5 horas	De 6 a 8 horas	Más de 9	Total
Ninguna me di	0,34080717	2,47085202	13,7174888	2,47085202	19
1 o 2 horas	2,08071749	15,0852018	83,7488789	15,0852018	116
Solo reviso los	1,23766816	8,97309417	49,8161435	8,97309417	69
Me desvelo co	0,34080717	2,47085202	13,7174888	2,47085202	19
Total	4	29	161	29	223

	3 o menos	De 4 a 5 horas	De 6 a 8 horas	Más de 9	Total
Ninguna me di	1,2750177	0,08972679	0,53834528	2,58881935	4,49190912
1 o 2 horas	0,56132094	0,07806743	0,01869045	0,05547528	0,71355409
Solo reviso los	1,23766816	8,0677E-05	0,09573662	0,10552795	1,43901341
Me desvelo co	8,07764928	0,94635111	0,03752802	2,47085202	11,5323804
Total	11,1516561	1,11422601	0,69030036	5,2206746	18,1768571

Prueba de hipótesis

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Estadístico de prueba	
H ₀ : Independencia de las variables H ₁ : Variables relacionadas	$\chi^2 = 18,17685705$
Valor crítico	gl = (r-1)(c-1) = 9
	$\alpha = 0,05$
	$\chi^2_{(1-\alpha), (r-1)(c-1)} = 16,9189776$
COEFICIENTE V DE CRAMER	
	$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \min(r-1, c-1)}} = 1,209106545$
Decisión:	18,177 > 16,919
Conclusión:	
Se rechaza la hipótesis nula. Por tanto: El número de horas que se duerme depende del número de horas que se utilizan las nuevas tecnologías antes de acostarse.	

Anexo III: Número de horas de uso y descanso.

Hipótesis nula:
La calidad del descanso es independiente del número de horas que se utilizan las nuevas tecnologías al acostarse.

	No	Sí	Total
Ninguna me di	4	15	19
1 o 2 horas	65	51	116
Solo reviso los	23	46	69
Me desvelo co	11	8	19
Total	103	120	223

	No	Sí	Total
Ninguna me di	4%	13%	9%
1 o 2 horas	63%	43%	52%
Solo reviso los	22%	38%	31%
Me desvelo co	11%	7%	9%
Total	100%	100%	100%

	No	Sí	Total
Ninguna me di	8,77578475	10,2242152	19
1 o 2 horas	53,5784753	62,4215247	116
Solo reviso los	31,8699552	37,1300448	69
Me desvelo co	8,77578475	10,2242152	19
Total	103	120	223

	No	Sí	Total
Ninguna me di	2,59898353	2,23079419	4,82977772
1 o 2 horas	2,43476928	2,08984363	4,52461291
Solo reviso los	2,46866066	2,11893373	4,58759439
Me desvelo co	0,56372548	0,48386437	1,04758985
Total	8,06613894	6,92343592	14,9895749

Prueba de hipótesis

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Estadístico de prueba

H₀: Independencia de las variables
H₁: Variables relacionadas

$$\chi^2 = 14,98957487$$

Valor crítico $gl = (r-1)(c-1) = 3$

$\alpha = 0,05$

$$\chi^2_{(1-\alpha), (r-1)(c-1)} = 7,814727903$$

COEFICIENTE V DE CRAMER

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \min(r-1, c-1)}} = 1,001533099$$

Decisión: 14,990 > 7,815

Conclusión:

Se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto: La calidad del descanso depende del número de horas que se utilizan las tecnologías antes de acostarse.

Anexo IV: Número de horas de uso y dificultad para conciliar el sueño.

Hipótesis nula:
La dificultad de conciliar el sueño es independiente del número de horas que se utilizan las nuevas tecnologías antes de acostarse.

	No tengo ning	Tengo un poc	Tengo una gra	Total
Ninguna me d	11	8	0	19
1 o 2 horas	60	47	9	116
Solo reviso los	36	29	4	69
Me desvelo co	3	9	7	19
Total	110	93	20	223

	No tengo ning	Tengo un poc	Tengo una gra	Total
Ninguna me d	10%	9%	0%	9%
1 o 2 horas	55%	51%	45%	52%
Solo reviso los	33%	31%	20%	31%
Me desvelo co	3%	10%	35%	9%
Total	100%	100%	100%	100%

	No tengo ning	Tengo un poc	Tengo una gra	Total
Ninguna me d	9,37219731	7,92376682	1,70403587	19
1 o 2 horas	57,2197309	48,3766816	10,4035874	116
Solo reviso los	34,0358744	28,7757848	6,18834081	69
Me desvelo co	9,37219731	7,92376682	1,70403587	19
Total	110	93	20	223

	No tengo ning	Tengo un poc	Tengo una gra	Total
Ninguna me d	0,28272363	0,00073343	1,70403587	1,98749293
1 o 2 horas	0,13509144	0,03917698	0,18936331	0,36363173
Solo reviso los	0,1133448	0,00174704	0,77384805	0,88893989
Me desvelo co	4,33248439	0,14617768	16,459299	20,9379611
Total	4,86364425	0,18783513	19,1265463	24,1780256

Prueba de hipótesis

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Estadístico de prueba		
H ₀ : Independencia de las variables H ₁ : Variables relacionadas	$\chi^2 =$	24,17802565
Valor crítico	gl = (r-1)(c-1)=	6
	$\alpha =$	0,05
	$\chi^2_{(1-\alpha),(r-1)(c-1)} =$	12,59158724
COEFICIENTE V DE CRAMER		
	$V =$	1,611868377
Decisión:		24,178 > 12,592

Conclusión:

Se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto: La dificultad para conciliar el sueño depende del número de horas que se utilicen las tecnologías antes de acostarse.

Anexo V: Uso de las tecnologías y la edad.

Hipótesis nula:
El número de horas que se utilizan las tecnologías antes de acostarse son independientes de la edad.

	12 años o n	13 años	14 años	15 años	16 años	17 años	18 o más	TOTAL
Prácticamente	3	3	8	14	37	30	13	108
Solo una hora	6	6	2	10	6	4	1	35
Ninguna, me c	0	4	0	0	1	0	0	5
Unas cuatro h	5	4	8	16	22	13	7	75
TOTAL	14	17	18	40	66	47	21	223

	12 años o n	13 años	14 años	15 años	16 años	17 años	18 o más	TOTAL
Prácticamente	21%	18%	44%	35%	56%	64%	62%	48%
Solo una hora	43%	35%	11%	25%	9%	9%	5%	16%
Ninguna, me c	0%	24%	0%	0%	2%	0%	0%	2%
Unas cuatro h	36%	24%	44%	40%	33%	28%	33%	34%
TOTAL	100%							

	12 años o n	13 años	14 años	15 años	16 años	17 años	18 o más	TOTAL
Prácticamente	6,780269	8,233184	8,717489	19,3722	31,96413	22,76233	10,1704	108
Solo una hora	2,197309	2,668161	2,825112	6,278027	10,35874	7,376682	3,295964	35
Ninguna, me c	0,313901	0,381166	0,403587	0,896861	1,479821	1,053812	0,470852	5
Unas cuatro h	4,70852	5,717489	6,053812	13,45291	22,19731	15,80717	7,06278	75
TOTAL	14	17	18	40	66	47	21	223

	12 años o n	13 años	14 años	15 años	16 años	17 años	18 o más	TOTAL
Prácticamente	2,10765	3,326321	0,059053	1,48979	0,79339	2,301339	0,787247	10,86479
Solo una hora	6,580983	4,160598	0,240985	2,206598	1,834069	1,545679	1,599365	18,16828
Ninguna, me c	0,313901	34,35764	0,403587	0,896861	0,155578	1,053812	0,470852	37,65223
Unas cuatro h	0,018044	0,51592	0,625664	0,482248	0,001754	0,498522	0,000558	2,14271
TOTAL	9,020578	42,36048	1,329289	5,075497	2,784792	5,399352	2,858022	68,82801

Prueba de hipótesis

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Estadístico de prueba		
H ₀ : Independencia de las variables H ₁ : Variables relacionadas	$\chi^2 =$	68,828006
Valor crítico	gl = (r-1)(c-1)=	18
	$\alpha =$	0,05
	$\chi^2_{(1-\alpha),(r-1)(c-1)} =$	28,869299
COEFICIENTE V DE CRAMER		
	$V =$	4,5783708
Decisión:		68,828 > 28,869
Conclusión:		
Se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto: El número de horas que se utilizan las tecnologías antes de acostarse dependen de la edad.		

Anexo VI: Uso de las tecnologías y el sexo.

Hipótesis nula:

El número de horas que se utilizan las nuevas tecnologías al acostarse es independiente del sexo.

	Mujer	Hombre	Prefiero no de	Total
Ninguna me di	8	10	1	19
1 o 2 horas	60	55	1	116
Solo reviso los	37	28	4	69
Me desvelo co	10	9	0	19
Total	115	102	6	223

	Mujer	Hombre	Prefiero no de	Total
Ninguna me di	7%	10%	17%	9%
1 o 2 horas	52%	54%	17%	52%
Solo reviso los	32%	27%	67%	31%
Me desvelo co	9%	9%	0%	9%
Total	100%	100%	100%	100%

	Mujer	Hombre	Prefiero no de	Total
Ninguna me di	9,79820628	8,69058296	0,51121076	19
1 o 2 horas	59,8206278	53,058296	3,12107623	116
Solo reviso los	35,5829596	31,5605381	1,85650224	69
Me desvelo co	9,79820628	8,69058296	0,51121076	19
Total	115	102	6	223

	Mujer	Hombre	Prefiero no de	Total
Ninguna me di	0,33001406	0,19729091	0,46735111	0,99465608
1 o 2 horas	0,00053785	0,07105797	1,44147853	1,51307435
Solo reviso los	0,0564316	0,40168617	2,47485973	2,9329775
Me desvelo co	0,00415593	0,0110164	0,51121076	0,52638309
Total	0,39113944	0,68105144	4,89490014	5,96709102

Prueba de hipótesis

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Estadístico de prueba

H₀: Independencia de las variables
H₁: Variables relacionadas

$$\chi^2 = 5,967091017$$

Valor crítico

$$gl = (r-1)(c-1) = 6$$

$$\alpha = 0,05$$

$$\chi^2_{(1-\alpha), (r-1)(c-1)} = 12,59158724$$

COEFICIENTE V DE CRAMER

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \min(r-1, c-1)}} = 0,397806068$$

Decisión:

$$5,967 < 12,592$$

Conclusión:

Aceptamos la hipótesis nula. Por lo tanto: El número de horas que se utilizan las nuevas tecnologías al acostarse es independiente del sexo.



I.E.S. GUADARRAMA



Con el patrocinio del Ayuntamiento de Guadarrama