



Actas 33º Congreso Jóvenes Investigadores

**Directora General del Instituto de la Juventud**

María Teresa Pérez Díaz

**Secretario General de Universidades**

José Manuel Pingarrón Carrazón

**Director Científico del Certamen**

Dr. Óscar Moreno Díaz

**Coordinadoras de la publicación**

María Fernanda Martín Nieto

Adela Ibarra Sierra

**Maquetación**

Elsa Paricio

**Textos**

Autores de los proyectos seleccionados

© de los textos e imágenes, sus autores

**Edita**

INJUVE (Instituto de la Juventud)

C/ Marqués del Riscal, 16, Madrid

www.INJUVE.es

**Catálogo General de Publicaciones Oficiales**

<https://publicacionesoficiales.boe.es>

NIPO: 130-22-009-1

Madrid, 2022

# ÍNDICE

- 06 - Prólogo

- 08 - Presentación del Certamen

## - 10 - CIENCIAS SOCIALES Y JURÍDICAS

12 Matemáticas accesibles, matemáticas para todos

24 La irrupción de VOX en la Región de Murcia: populismo y mediatización

36 Impacto del uso de las redes sociales en el autoconcepto

50 La soledad en pacientes hospitalizados y en personas mayores en residencias en el Área de Salud de Tudela

62 Las trayectorias profesionales de las mujeres en la ciencia: valoración, autoconfianza y ambición profesional

74 Las vendas de la justicia. Análisis de la justicia mediática en España

86 ANA Y MÍA, las princesas de INTERNET

98 Green, social and sustainability bonds. Millennials como perfil inversor

110 ¿Podemos mejorar el bienestar emocional de los estudiantes de secundaria en menos de 10 minutos? Prácticas basadas en la música, la relajación y el silencio

122 Relaciones entre la inteligencia fluida y cristalizada y el volumen de las subáreas del hipocampo. Un estudio con tests estandarizados y MRI

## - 135 - ARTES Y HUMANIDADES

137 Estrellas sobre el mar: La poesía como crónica del viaje de Agnia Bartó a la guerra civil española

146 Composición de una suite musical a partir de una obra literaria

159 Corporeidad y represión en sonetos del amor oscuro de Federico García Lorca. Hacia una memoria homosexual

# ÍNDICE

- 168 Elizabeth Bennet: la permanencia de un arquetipo literario en las pantallas contemporáneas
- 180 El Cómic como propaganda: ¿Por qué no se usó en la Guerra Civil Española?
- 193 La influencia árabe en las lenguas española y portuguesa

## - 202 - CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA VIDA

- 204 Diagnóstico de malaria mediante el uso de redes neuronales convolucionales
- 216 Líquenes: bioindicadores de la contaminación atmosférica en la comarca de Benavente y los Valles
- 225 Parásitos ocultos. Detección de *Cryptosporidium* y *Giardia* en mejillones comerciales
- 236 Aguas contaminadas: peces de plástico
- 248 Descubriendo nuevos antibióticos con el ordenador: canales transmembrana formados por ciclopéptidos
- 260 Células de electrólisis microbiana y su potencial uso en la generación de hidrógeno
- 272 Presencia de bacterias en zonas inertes del IES Fidiana
- 284 Las nanopartículas de óxido de cerio: ¿las herramientas biomédicas del futuro?
- 297 Búsqueda de una correlación entre contaminantes atmosféricos y enfermedad cardiovascular en países europeos en vías de desarrollo y desarrollados
- 308 Dentro de los pelos de Xebo: la conducta de un gorila dominante en cautividad
- 320 Inteligencia artificial aplicada al diagnóstico precoz del melanoma

## - 329 - TECNOLOGÍA E INGENIERÍA

- 330 Evaluación de la aplicación exógena de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) para el control de la mala hierba acuática de los arrozales *Lemna minor* L
- 342 Análisis de datos de COPERNICUS para determinar el efecto de las restricciones de movilidad por la COVID-19 en la contaminación atmosférica

# ÍNDICE

- 355 Investigaciones acerca del asentamiento espacial en órbita
- 366 Grafeno ¿el futuro del espacio?
- 380 El pozo canadiense. Ecosostenibilidad del confort y etiquetado energético de pabellones deportivos. Caso del sureste de España (Archena)

## - 395 - CIENCIAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MATEMÁTICAS

- 396 Influencia del nivel cultural en la extinción del *Homo Neanderthalensis* en su competición con el *Homo Sapiens*: Análisis mediante el juego de contiendas
- 408 Recuperación del polvo de lija en la fabricación de pinturas
- 420 ¡Brillante! Cristales a la carta
- 433 A la caza de exoplanetas. Análisis de los tránsitos de WASP-12b
- 442 La paradoja de las medidas higiénicas en las aulas: ¿limpias o contaminas?
- 455 La energía más limpia: las celdas de combustible microbianas
- 465 Somos masa o energía
- 476 Determinación experimental del parámetro de red de una pluma mediante difracción



## PRÓLOGO

Mediante la Orden de 19 de octubre de 1987 publicada en Boletín Oficial del Estado núm. 254 de 23 de octubre, el Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno convocó en España el primer Certamen Jóvenes Investigadores para dar respuesta a la decisión de la Comisión Europea de convocar en el año 1989 el primer *European Union Contest for Young Scientists*, certamen continuador del *Philips Contest* que se había celebrado entre 1968 y 1988.

Así nació el *Certamen de Jóvenes Investigadores* con el propósito de despertar y fomentar la vocación investigadora de nuestros jóvenes, enfrentándolos a un triple reto: explorar su entorno en busca de nuevos enigmas, documentarse sobre el tema escogido y proponer y demostrar empíricamente una solución para su problema. Muchos docentes acogieron la idea y animaron a sus pupilos a formar grupos de investigación. El resultado ha sido una extraordinaria compilación de trabajos sobre las más diversas disciplinas científicas. Sumergirse en la dinámica de la investigación supuso además, para sus autores, una experiencia vital transformadora.

La carrera investigadora es larga y no está exenta de obstáculos y sacrificio personal, pero la vocación por el saber de quienes la inician es el acicate para enfrentarse a ello y superarlo. Estos premios han permitido a los más jóvenes, en un momento en el que están decidiendo o a punto de decidir su futuro, descubrir y experimentar esa vocación, la belleza de la investigación, de encontrar respuestas a problemas de toda índole que resultan relevantes para la sociedad; y ha ofrecido a quienes les han acompañado –profesores, tutores, jurado...- el privilegio de compartir con ellos el entusiasmo de quien inicia un nuevo e ilusionante camino. No todos han decidido o decidirán continuar por él, pero el fomento de la investigación en los niveles preuniversitarios no debe tener sólo el importante y primordial objetivo de despertar vocaciones científicas, tan necesarias para una sociedad que quiera avanzar y considerarse avanzada, sino también el de fomentar la curiosidad y el pensamiento crítico como actitud ante la vida y como herramientas para constituir una ciudadanía informada.

En el año 2021 se ha celebrado el trigésimo tercer Certamen de Jóvenes Investigadores, que se ha regido por lo establecido en la Orden Ministerial 27 de septiembre de 2021, del Ministerio de Universidades, por la que se convocan los premios del XXXIII Certamen “Jóvenes Investigadores”. En esta edición las inscripciones han sido 245, con un total de 323 estudiantes procedentes de catorce comunidades autónomas.

La primera fase, de Certamen, ha sido selectiva, en la que expertos designados por la Secretaría General de Universidades y el Instituto de la Juventud han evaluado los proyectos presentados relativos a cinco áreas de conocimiento:



Artes y Humanidades, Ciencias Sociales y Jurídicas, Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas, Ciencias de la Tierra y de la Vida y Tecnología e Ingeniería. Entre los trabajos presentados, procedentes de toda España, el Jurado, compuesto por diez especialistas, ha seleccionado cuarenta.

La segunda fase, de Congreso, organizado por el Instituto de la Juventud (Injuve), se ha celebrado en el Centro Eurolatinoamericano de Juventud (CEULAJ) de Mollina, en Málaga -como es tradición-, los días 30 de noviembre y 1 y 2 de diciembre de 2021. Los 40 trabajos seleccionados, elaborados por 54 participantes (39 mujeres y 15 hombres de casi todos los puntos de España), han sido presentados y defendidos públicamente por los autores; las exposiciones han sido además retransmitidas en *streaming* para llegar al mayor número de personas posible. Estos chicos y chicas nos han ilusionado y maravillado con sus presentaciones, sus conclusiones y sobre todo con su ilusión y su vocación.

Es de destacar la función de los profesores tutores o coordinadores como figura obligatoria para poder presentar los trabajos, pues son ellos los que realizan el primer filtro en el proceso de evaluación de la calidad de los proyectos que se presentan al Certamen. Sin la implicación personal y la labor continua a lo largo del curso académico de los tutores o coordinadores las investigaciones que se presentan no alcanzarían la calidad que tienen actualmente.

Las actas que ahora se publican recogen los trabajos seleccionados en el Certamen y que han participado en el Congreso. Esta iniciativa le ha dado a nuestros jóvenes la oportunidad de desarrollar su investigación de principio a fin, desde la germinación de la idea hasta su divulgación, alcanzando así el último eslabón el proceso investigador, que da ulterior sentido al trabajo realizado al ponerlo a disposición de la sociedad y de la comunidad científica para su conocimiento, su validación y su uso; por ello, desde la organización del Certamen consideramos tan importante mantener y cuidar también esta última parte del mismo. Así, al publicarse estas actas los participantes habrán vivido y desarrollado la experiencia investigadora en su totalidad, un valioso conocimiento de lo que podrá ser un brillante futuro, de seguir por ese camino.

Los resúmenes de los cuarenta trabajos que se publican, correspondientes a todas las áreas de conocimiento contempladas en el Certamen, son una buena muestra de la calidad de las investigaciones que realizan los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato o Formación Profesional en los institutos y colegios españoles. Esperamos que su lectura sea un aliciente para otros jóvenes como ellos y un revulsivo para las autoridades educativas de las diferentes comunidades autónomas que permita impulsar la investigación en estas etapas de formación preuniversitaria.



## ÓSCAR MORENO

DIRECTOR CIENTÍFICO

La trigésimo tercera edición del Certamen "Jóvenes Investigadores" se ha caracterizado por una vuelta a la presencialidad en su Congreso de finalistas, que se ha celebrado, como es tradición, en la sede del Instituto de la Juventud en Mollina (Málaga). Este reencuentro entre organizadores, jurado, profesorado y jóvenes investigadores ha ido acompañado de un renovado entusiasmo por parte de todos ellos, a los que agradezco su contribución un año más al éxito de esta aventura. En particular, quiero expresar mi reconocimiento al trabajo del jurado y de las personas que con su empeño y profesionalidad sacan adelante esta iniciativa, pertenecientes a la Subdirección General de Formación del Profesorado Universitario y Programación, por parte del Ministerio de Universidades, y a la División de Programas del Instituto de la Juventud, por parte del Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030.

Precisamente la Agenda 2030 ha sido protagonista, de manera explícita o implícita, de muchos de los trabajos finalistas de esta edición. Se trata de un conjunto de objetivos de desarrollo sostenible impulsados por Naciones Unidas, dirigidos a garantizar el bienestar y la salud, una educación inclusiva y de calidad, la igualdad entre los géneros, la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, el acceso a energía asequible y limpia, la conservación de ecosistemas o la lucha contra el cambio climático. Un simple vistazo a los títulos de los trabajos premiados que recogemos en este libro de actas evidencia el compromiso de los jóvenes con esas metas, diseñadas para lograr un progreso sostenible que no deje a nadie atrás.

Como muestra del impacto y responsabilidad social de los trabajos finalistas de esta edición, cabe mencionar los que han obtenido los primeros premios en las diferentes áreas de conocimiento: *Líquenes: bioindicadores de la contaminación atmosférica en la comarca de Benavente y los Valles*, de Eva González Tesón, Marta Rodríguez Vega y Estefanía Conde Toranzo (IES Los Sauces, Benavente, Zamora); *Evaluación de la aplicación exógena de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) para el control de la mala hierba acuática de los arrozales *Lemna minor L.**, de Raquel Jiménez Pérez, Gemma Muñoz García y Julia Vallejo Carrasco (Colegio Marista Ntra. Sra. del Carmen, Badajoz); *Diagnóstico de malaria mediante el uso de redes neuronales convolucionales*, de Pilar Sierra Segovia (IES Margarita Salas, Majadahonda, Madrid); *Recuperación del polvo de lija en la fabricación de pinturas*, de Giovanni Marín Muñoz, Víctor González Boluda y Jesús Verdejo Rubio (IES Juan de Garay, Valencia); *Estrellas sobre el mar. La poesía como crónica del viaje de Agnia Bartó a la Guerra Civil Española*, de Andrea Castañeda Alennikova (IES Màrius Torres, Lleida); *La irrupción de VOX en la Región de Murcia: populismo y mediatización*, de Alba Gea García (IES Francisco Ros Giner, Lorca, Murcia); e *Influencia del nivel cultural en la extinción del Homo Neanderthalensis en su competición con el Homo Sapiens: análisis mediante el*



*juego de contiendas*, de Patricia González Piquero (IES Gerardo Diego, Pozuelo de Alarcón, Madrid). Por último, el premio especial de esta edición del Certamen ha sido otorgado al trabajo *Matemáticas accesibles, matemáticas para todos*, en el que María Gallego Lucas (IES Pintor Antonio López, Tres Cantos, Madrid) ha analizado las dificultades de comprensión de conceptos básicos de matemáticas a las que se enfrentan niños y niñas con síndrome de Down, lo que le ha permitido diseñar y contrastar un nuevo método didáctico interactivo adaptado a sus necesidades. Como decíamos antes, las aplicaciones e implicaciones de los trabajos de nuestros jóvenes investigadores no dejan a nadie atrás.

La mención de honor a la institución cuya labor de fomento de la cultura científica en el ámbito de la juventud ha sido apreciada como especialmente destacable por el jurado ha sido concedida a la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT), que desarrolla diversas actividades destinadas a recuperar y visibilizar referentes de mujeres científicas para inspirar y fomentar la vocación investigadora en niñas y chicas adolescentes. En nuestro Certamen las jóvenes investigadoras han representado en promedio más de la mitad de los participantes en los últimos años, y en el Congreso de esta edición el porcentaje ha alcanzado el 70%. Confiamos en estar apoyando a las referentes del futuro, que en realidad lo son ya en el presente.

Entre las muchas maneras de contribuir al desarrollo igualitario y sostenible, los participantes de este Certamen han elegido una de las vías más difíciles, que es la de la investigación científica y la innovación. Para superar los obstáculos y alcanzar el éxito han contado con el apoyo de sus profesores y profesoras, a quienes no podemos dejar de agradecer su esfuerzo por enseñar y motivar a los más jóvenes más allá de sus estrictas obligaciones docentes, como suele exigir la tutorización de trabajos científicos de tanta calidad como los aquí premiados. Como dijo la gran científica Marie Skłodowska Curie a propósito de la actividad educativa: «No puedes esperar construir un mundo mejor sin mejorar a las personas. [...] Nuestro deber particular es el de ayudar a aquellos a quienes creemos que podemos ser más útiles». Nosotros también tenemos en mente este principio cuando organizamos el Certamen, y esperamos seguir siendo útiles en ese sentido durante mucho tiempo.

Óscar Moreno

# CIENCIAS SOCIALES Y JURÍDICAS

## PREMIO ESPECIAL DEL CERTAMEN "JÓVENES INVESTIGADORES" |

- 12 - **Matemáticas accesibles, matemáticas para todos**  
MARÍA GALLEGO LUCAS

## PRIMER PREMIO |

- 24 - **La irrupción de VOX en la Región de Murcia: populismo y mediatización**  
ALBA GEA GARCÍA

## SEGUNDO PREMIO |

- 36 - **Impacto del uso de las redes sociales en el autoconcepto**  
PILAR GUILLOT RUIZ Y CLAUDIA SILVESTRE GARCÍA
- 50 - **La soledad en pacientes hospitalizados y en personas mayores en residencias en el Área de Salud de Tudela**  
NEREA AZNÁREZ OCHOA, SANDRA LÓPEZ PINO Y LUCÍA VITAS CORNAGO

## TERCER PREMIO |

- 62 - **Las trayectorias profesionales de las mujeres en la ciencia: valoración, autoconfianza y ambición profesional**  
MARÍA AZCONA SANGÜESA
- 74 - **Las vendas de la justicia. Análisis de la justicia mediática en España**  
FRANCISCO DE ASÍS MONTOYA GIMÉNEZ
- 86 - **ANA Y MÍA, las princesas de INTERNET**  
VERÓNICA SÁNCHEZ CAMPOS
- 98 - **Green, social and sustainability bonds. Millennials como perfil inversor**  
NOELIA ROS OTÁLORA

# CIENCIAS SOCIALES Y JURÍDICAS

## ACCÉSIT |

- 110 - **¿Podemos mejorar el bienestar emocional de los estudiantes de secundaria en menos de 10 minutos? Prácticas basadas en la música, la relajación y el silencio**  
BERTA BELMONTE RAMÍREZ
- 122 - **Relaciones entre la inteligencia fluida y cristalizada y el volumen de las subáreas del hipocampo. Un estudio con tests estandarizados y MRI**  
BRU GÓMEZ BONILLA



## Matemáticas accesibles, matemáticas para todos

/ PREMIO ESPECIAL DEL CERTAMEN “JÓVENES INVESTIGADORES”

**AUTORA** | MARÍA GALLEGO LUCAS

**COORDINADORA** | IRENE TUSET RELAÑO

**CENTRO** | IES PINTOR ANTONIO LÓPEZ

**CIUDAD** | MADRID

### RESUMEN |

El objetivo de esta investigación es analizar las posibles barreras de acceso que encuentran los niños con síndrome de Down para adquirir el concepto de fracción con el fin de elaborar una propuesta metodológica inclusiva capaz de superar dichas barreras. Para ello se ha evaluado la competencia básica de tres niños con síndrome de Down escolarizados en centros ordinarios. A partir de estos resultados se ha diseñado una secuencia didáctica basada en juegos, materiales manipulativos, materiales gráficos y recursos tecnológicos que se ha implementado en sesiones videogradas con los niños durante un curso escolar. En dichas sesiones se han detectado las barreras de acceso al conocimiento que encuentran los alumnos por sus características cognitivas, identificando las estrategias óptimas en el proceso de enseñanza. A continuación, y basándonos en todo lo observado durante la investigación, se ha diseñado un juego interactivo adaptado a las características de esta población. Por último, se ha evaluado la eficacia de dicho juego con la valoración de familias con hijos con síndrome de Down que han participado en la investigación.

**Palabras clave:** educación inclusiva, matemáticas, fracciones, síndrome de Down.



### ABSTRACT |

The objective of this research project is to analyse the possible access barriers encountered by children with Down syndrome to acquire the concept of fraction, in order to develop an inclusive methodological proposal enabling them to overcome such barriers. For this, the basic competence of three children with Down syndrome enrolled in regular schools has been evaluated. Based on the results, a didactic sequence based on games, manipulative materials, graphic materials and technological resources has been designed and implemented in video sessions recorded with the children during a school year. In these sessions, the barriers encountered by students to access knowledge due to their cognitive characteristics have been detected, which led to identify the optimal strategies in the teaching process. Based on everything observed during the research, an interactive game adapted to the characteristics of this population has been designed. Finally, the efficacy of this game has been evaluated thanks to the feedback provided by the families with children with Down syndrome who participated in this study.

**Keywords:** inclusive education, mathematics, fractions, Down syndrome.



## 1. MOTIVACIÓN

Debido a las bajas expectativas que hay sobre la capacidad de comprender conceptos matemáticos por parte de la población con síndrome de Down, es muy frecuente que se limite su aprendizaje en este campo. Por este motivo no llegan a adquirir las competencias necesarias para desenvolverse en la vida real. Si lo comparamos con otros campos pedagógicos, como la lecto-escritura o la enseñanza de idiomas, sorprenden las pocas investigaciones que existen sobre el proceso de aprendizaje de las matemáticas de los niños con SD (síndrome de Down). Apenas hay materiales, ni metodologías adecuadas para este objetivo. Teniendo en cuenta el papel fundamental que tiene la competencia matemática en la autonomía del individuo y su desarrollo en la sociedad, urge que se multipliquen las investigaciones en este campo para garantizar el máximo desarrollo posible de toda la población con el objetivo de construir una sociedad más equitativa e inclusiva. Debemos avanzar hacia una inclusión educativa plena, siendo uno de los objetivos de sostenibilidad para el año 2030. Por ello es imprescindible que se desarrollen herramientas metodológicas que puedan cubrir las necesidades de todos los alumnos dentro del aula, con y sin discapacidad intelectual. El concepto de fracción es fundamental para desenvolverse en el mundo hoy en día. Poder entender las noticias en el periódico, seguir una receta de cocina o comprender las medidas del tiempo requiere el conocimiento de los aspectos fundamentales relativos al campo de las fracciones. Sin embargo, no existe ninguna investigación específica sobre el aprendizaje del concepto de fracción en personas con SD. Más aun, en la mayoría de los casos los niños con SD no tienen acceso a este aprendizaje ya que su currículum se ve muy limitado, tanto en los centros de educación especial como los centros de educación ordinaria.

Este proyecto ha sido desarrollado con la esperanza de aportar un ejemplo de buenas prácticas en la construcción de una enseñanza inclusiva adaptada a las necesidades de cada alumno. Para ello, es fundamental detectar las barreras que impiden el aprendizaje y proponer soluciones que garanticen la accesibilidad para todos.

## 2. OBJETIVOS

Objetivo principal: Desarrollar una metodología que facilite la adquisición del concepto de fracción en los niños con síndrome de Down.

Objetivos secundarios: Analizar las competencias matemáticas de una muestra de tres niños con síndrome de Down, de entre 10 y 12 años; desarrollar una secuencia didáctica mediante la elaboración de juegos y materiales gráficos; elaborar una propuesta didáctica de actividades secuenciadas en formato de juego en línea interactivo, que garantice la accesibilidad cognitiva y que facilite el camino de enseñanza de las fracciones a familias y docentes. Evaluar la eficacia de dicho juego en una muestra de 19 niños con y sin discapacidad.



## 3. MÉTODO DEL TRABAJO

Hemos seguido una serie de pasos acordes con los objetivos propuestos. Hemos seleccionado a tres niños con síndrome de Down, con edades comprendidas entre los 10 y los 12 años, que estudian en escuelas ordinarias. En primer lugar, realizamos una evaluación inicial a todos los participantes de manera individual, trabajando conceptos previos necesarios para poder aprender el concepto de fracción. Todas ellas videograbadas. Analizando los resultados de esta evaluación, definimos los objetivos de aprendizaje sobre el campo de las fracciones que queríamos abordar. Basándonos en los principios del diseño universal para el aprendizaje (DUA), diseñamos una secuencia didáctica con los pasos a seguir y los métodos a aplicar para conseguir que el alumno adquiera el concepto de fracción de manera significativa. Analizamos las grabaciones identificando las dificultades que se habían presentado y los aspectos que había que reforzar o explicar desde otro enfoque. A partir de estos resultados, determinamos los pasos y aspectos metodológicos fundamentales para diseñar una secuencia de aprendizaje adecuada. Para valorar la eficacia de dicha secuencia, se creó una propuesta de juego interactivo online, que sirviera tanto para introducir al niño en el concepto de fracción, como para afianzar conocimientos aprendidos previamente. Además, este juego nos permitió evaluar la eficacia de los recursos diseñados en términos de accesibilidad cognitiva.

Otro de los objetivos de este juego, era que tanto familias como docentes tuvieran una guía para enseñar fracciones a niños con síndrome de Down. Por último, se envió el juego junto con un formulario de evaluación, a 14 familias de niños con síndrome de Down, y 5 con hijos sin discapacidad intelectual, y se realizó un análisis de la eficacia del juego respecto a los objetivos planteados y de posibles propuestas de mejora.

## 4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 4.1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EL SÍNDROME DE DOWN

El síndrome de Down nace en 1866 cuando el médico John Langdon Down describió un cuadro clínico y lo asoció a un retraso mental, pero no fue hasta 1958 cuando los médicos Jérôme Lejeune y Pat Jacobs, descubrieron el origen cromosómico de este síndrome, con la presencia de un tercer cromosoma en el par 21. A partir de ese momento se definió como un síndrome genético. El SD conlleva dificultades en el desarrollo cognitivo, expresadas en la capacidad de atención, de memoria, de abstracción, y del desarrollo del lenguaje. Gracias a la plasticidad cerebral, el cerebro presenta una gran capacidad de respuesta a las intervenciones dirigidas a mejorar su actividad, por lo que las personas con síndrome de Down son susceptibles de mejorar su pronóstico intelectual si siguen un programa de estimulación temprana<sup>1</sup>. Estas son las principales dificultades que encuentra una persona con síndrome de Down en el proceso de aprendizaje: Problemas de percepción auditiva, poca memoria auditiva





secuencial, dificultad en el lenguaje verbal, presencia de problemas de motricidad gruesa, inflexibilidad e impulsividad, problemas de concentración y atención y dificultad para comprender las instrucciones, entre otros. Las líneas de investigación sobre la capacidad de aprendizaje de las matemáticas en los niños con SD siguen siendo escasas, por lo que permanece un prejuicio enraizado en la sociedad que, no solamente limita las expectativas sobre el alumno, sino que determina el bajo nivel curricular que se les ofrece en las escuelas. Por lo tanto, un conocimiento profundo de las barreras que limitan el aprendizaje de los niños con síndrome de Down y de las estrategias necesarias para poder superar dichas barreras, es imprescindible para cambiar esta situación y garantizar la accesibilidad al aprendizaje de las matemáticas.

#### 4.2. LENGUAJES AUMENTATIVOS

Los lenguajes aumentativos se definen como instrumentos de intervención educativa y logopédica dirigidos a personas con alteraciones diversas de comunicación y/o lenguaje. Las dificultades de comunicación que establecen unos prejuicios erróneos que nos llevan a pensar que el niño no comprende o no es capaz de realizar aquello que se le ordena, pero esto se debe a que se utiliza un lenguaje que este no es capaz de interiorizar a la velocidad esperada, por lo que se debe potenciar este lenguaje a través de otros estímulos. Algunos de los recursos más utilizados son los gestuales, base del lenguaje bimodal, que se caracteriza por el uso de signos manuales junto al lenguaje oral con el fin de mejorar la comunicación, pues pretende ser aumentativo y simultáneo a la comunicación oral. Sin embargo, el lenguaje aumentativo más conocido es el lenguaje de pictogramas, el cual utiliza dibujos aceptados por toda la comunidad para representar palabras o acciones que complementan las frases escritas o que son en sí mismas una forma de expresión escrita.

#### 4.3. EL JUEGO COMO RECURSO METODOLÓGICO

Los niños con síndrome de Down suelen reportar falta de concentración y motivación para realizar diferentes actividades académicas, por lo que es fundamental crear un ambiente motivador para que aprendan. Existen diferentes formas de enseñar a través del juego: juego simbólico, juego individual, juego grupal, juego libre y juego reglado. El juego es una herramienta muy eficaz que favorece la concentración e implicación del alumno.

#### 4.4. DISEÑO UNIVERSAL DE APRENDIZAJE (DUA) Y ACCESIBILIDAD COGNITIVA.

El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) tiene como objetivo garantizar la accesibilidad universal al conocimiento. Este modelo parte de la variabilidad entre sujetos para diversificar los caminos de enseñanza, detectando y derri-



bando las barreras de acceso que genera un currículo excesivamente rígido, sin opciones que permitan responder a la diversidad. El DUA proporciona un camino hacia una inclusión efectiva, con propuestas didácticas que sean capaces de eliminar o reducir las barreras que encuentran muchos estudiantes para lograr el aprendizaje en sus diferentes facetas y el éxito académico de todos ellos. El Diseño Universal en la educación se enmarca en un paradigma educativo que promueve la accesibilidad, la conjunción de aspectos cognitivos, emocionales y éticos, los apoyos y los ajustes razonables, los derechos humanos, la justicia social, el compromiso y la responsabilidad compartida, para garantizar la presencia, participación y logros de todo el alumnado.

## 5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestra investigación se enmarca en la metodología de estudio de caso con una muestra de tres niños con SD, con edades comprendidas entre los 10 y 12 años. Esta metodología nos va a permitir detectar las dificultades que encuentran los niños en el aprendizaje del concepto de fracción. Una observación detenida de cada uno de los participantes ha sido la clave para detectar las barreras al aprendizaje y desarrollar actividades educativas adaptadas a las dificultades de cada uno de ellos, por ello decidimos recoger los datos mediante un proceso de videograbación e identificar sus estrategias y errores para poder llevar a cabo una secuencia didáctica adaptada a sus limitaciones. Esta investigación comenzó en el 2019 con una muestra de tres niños con síndrome de Down escolarizados en colegios ordinarios.

### 5.2. ESTUDIO DE CASO

**EL SUJETO 1** (Andrés) tiene 10 años y cursa quinto de primaria. Ha recibido estimulación temprana en el campo lógico-matemático desde los 4 años por lo que en la investigación se ha comprobado una cierta fluidez a la hora de entender los conceptos. El niño presenta dificultades visuales como la miopía, astigmatismo y estrabismo, y dificultades auditivas tales como la hipoacusia bilateral moderada.

**EL SUJETO 2** (Claudia), tiene 12 años y cursa el sexto curso de educación primaria. Por falta de medios no ha recibido una formación y/o una estimulación temprana en el pensamiento lógico-matemático. Ella presenta dificultades auditivas tales como una fusión de cadena osicular bilateral, y visuales como un astigmatismo hipermetrópico y agudeza visual.

**EL SUJETO 3** (Isaac) cursa el cuarto curso de educación primaria y su edad actual y durante la investigación es de 10 años. Él presenta difi-



cultades auditivas como la pérdida de audición en el oído derecho, y visuales como miopía magna y *nistagmus horizontal*<sup>1</sup>. En este sujeto he podido comprobar que también muestra un patrón persistente de falta de atención o hiperactividad y/o impulsividad, que interfiere en su desarrollo cognitivo, y en el correcto aprendizaje.

### 5.3. EVALUACIÓN INICIAL

Se realizó una evaluación inicial a cada uno de los participantes para valorar sus conocimientos previos en cardinalidad, composición, y descomposición, lo cual era fundamental a la hora de empezar a planificar nuestra secuencia didáctica. Se observó que existían diferencias entre los conocimientos previos de los sujetos, pero ninguno de ellos presentaba carencias significativas que impidiesen la introducción del concepto de fracción. Las evaluaciones comenzaron en febrero de 2019, y cada una oscilaba entre los 45 y 60 minutos de duración. En primer lugar, se comenzó evaluando el concepto de cardinalidad y composición, y su capacidad de *subitización*<sup>2</sup>. En ocasiones, los sujetos invertían el orden de los dígitos o la grafía de los números, lo que los llevaba a error al realizar algunas actividades. Seguidamente se evaluó su capacidad de descomposición analítica y manipulativa, y detectaron dificultades a la hora de operar analíticamente (en forma de resta). Sin embargo, cuando abordaban las mismas operaciones con problemas en contexto, se observó que comprendían los conceptos y realizaban las actividades con mayor tasa de éxito. Se valoró que las limitaciones encontradas eran fundamentalmente de índole operativa y que los tres sujetos comprendían perfectamente las nociones de cardinalidad, composición y descomposición. (VER ANEXO I)

### 5.4. SECUENCIA DIDÁCTICA

Se realizaron 15 sesiones. Se registró en una tabla cada uno de los logros y dificultades y barreras que se observaron en los sujetos en cada una de las sesiones. Comenzamos la secuencia didáctica con actividades sobre la partición de la unidad de forma gráfica. Continuamos con repartos manipulativos de cantidades discretas y coloreando un número de trozos indicado sobre una figura particionada. Seguidamente, explicamos el significado de numerador (trozos coloreados), y denominador (trozos en total). Así se pudo comenzar a trabajar el reconocimiento de fracciones geométrica y analíticamente, para identificar las fracciones mediante el empleo de materiales manipulativos. Continuamos

<sup>1</sup> *Nistagmus*: movimiento involuntario, rápido y repetitivo de los ojos. Se trata de una oscilación ocular, normalmente bilateral, es decir, que suele afectar a ambos ojos a la vez. Estos movimientos pueden ser de varias formas: rotacionales, verticales u horizontales. No obstante, el nistagmo horizontal es el más común.

<sup>2</sup> *Subitización*: Metodología que consiste en reconocer de súbito el cardinal de un conjunto, sin necesidad de realizar ninguna actividad de conteo.



nombrando fracciones, de manera que asociaran la primera palabra con el numerador, y la segunda con el denominador. Tras haber alcanzado la mayoría de

Figuras 01, 02 y 03.

1. Secuencia didáctica.
  2. Juegos simbólicos.
  3. Fichas gráficas.
- Elaboración propia.



los objetivos de la secuencia didáctica, se inició la comparación de fracciones y se introdujo el concepto de fracciones equivalentes.

Introducimos lenguajes aumentativos en su aprendizaje, por medio de imágenes, pictogramas, símbolos en las fichas, y el lenguaje bimodal en los juegos. Se utilizaron diferentes programas informáticos para trabajar de manera más habitual los conceptos básicos de fracción, con actividades de identificar fracciones, o rellenarlas geoméricamente. Se observó que para los niños las actividades digitales resultan muy atractivas y divertidas, así como los juegos simbólicos. Una vez creada la secuencia didáctica, analizamos los resultados y observamos las dificultades. Existían problemas en la identificación gráfica del numerador, pues no sabían si debían contar los trozos coloreados o los trozos en blanco. Además, tendían a olvidar el significado de numerador y denominador. Tenían una cierta dificultad para calcular la fracción de una cantidad, por ello decidimos recalcar la importancia de usar los materiales manipulativos para enseñar, repartiendo cantidades discretas en platos, coloreando trozos. (VER ANEXO II Y III).

### 6. DISEÑO DEL JUEGO

Figura 04.

- Juego interactivo online.  
Colorear fracciones.  
Elaboración propia.



Creamos una propuesta de juego interactivo online que abarcara la mayoría de los objetivos propuestos. Se trató de diseñar el juego con la idea de que pudiese servir de guía para facilitar a las familias o docentes un modelo de secuencia con los pasos a seguir para ayudar al niño en el proceso de aprendizaje. Se diseñó el



juego partiendo desde las actividades más elementales hasta las más complejas. El juego se elaboró con la plataforma Genially. El alumno debe superar unas pruebas en cada planeta, e ir consiguiendo recompensas (llaves), que posteriormente le servirán para abrir la caja fuerte. Esto fomentaría su autorregulación, y mantendría la motivación y el nivel de esfuerzo. Para romper las barreras de acceso, ofrecimos múltiples formas de representación: utilizamos pictogramas, imágenes y símbolos, vídeos explicativos de las actividades, etc. Además, quisimos pasar de lo manipulativo a lo digital, lo cual se pudo conseguir gracias a las posibilidades que ofrece el programa para colorear regiones y mover objetos. Gracias a una de las ventajas que ofrece Genially, pudimos compartir el enlace al juego a 14 familias con niños con síndrome de Down y 5 familias con niños sin ningún tipo de discapacidad intelectual.

Figura 05.

QR para acceder al juego interactivo online.



## 7. VALORACIÓN DEL JUEGO

Realizamos un formulario con 14 preguntas para las familias en el que se recogieron observaciones por parte de dichas familias. Respondieron 19 niños de los cuales 14 tenían síndrome de Down y 5 eran normotípicos. Respecto al aprendizaje de las fracciones, de los 14 niños con síndrome de Down solo 6 habían estudiado el concepto de fracción en la escuela. De los 5 niños sin síndrome de Down, 3 de ellos habían estudiado fracciones lo que confirma nuestra sospecha de que es frecuente que se limite la enseñanza del concepto de fracción en niños con SD aun cuando el niño posee los conocimientos básicos para aprenderlo. En general, todos los alumnos realizaron la actividad en una sesión. El nivel de autonomía que habían tenido los niños a la hora de realizar las actividades había aumentado significativamente, así como el nivel de motivación mostrado, por lo que el juego gustaba y motivaba a los niños a aprender. Finalmente, evaluamos la utilidad de este juego para guiar al niño como padre o docente en los pasos a seguir para ayudarlo en el proceso de aprendizaje del concepto de fracción y en este aspecto es donde obtuvimos la puntuación más alta con una media de 9,57. Este dato refleja la necesidad que tienen las familias de conocer los caminos de aprendizaje más adecuados para poder ayudar y



acompañar a sus hijos y lo que agradecen las pautas y soluciones a las dificultades que encuentran. Muchas familias describen el juego como un método de aprendizaje eficaz y como una actividad bonita y motivadora con la que los niños aprenden casi sin darse cuenta.

## 8. CONCLUSIONES

Hemos detectado que se debe recalcar la importancia de los lenguajes aumentativos, los cuales han sido imprescindibles como refuerzo para el aprendizaje. Hemos detectado que es primordial secuenciar adecuadamente los contenidos, y realizar tantas repeticiones de cada actividad como sea necesario. Sobre la capacidad de aprendizaje de los niños, hemos concluido que han adquirido el concepto de fracción y los objetivos que nos planteamos, pero que no todos respondían de igual manera a las metodologías planteadas, pues el tiempo que necesitaban para aprender era muy variado. El aspecto conductual de los niños ha influido mucho en su correcto aprendizaje, pues alguno de los sujetos presentaba un déficit de atención que daba lugar al desinterés y la desmotivación por aprender. Sin embargo, observamos que el juego resultó ser un recurso metodológico muy recomendable y una herramienta muy motivadora para ellos. Llama la atención lo esperanzadas que se han mostrado las familias de que sus hijos puedan llegar a comprender el concepto de fracción. Este juego no es más que un prototipo realizado con un programa muy limitado. Imaginemos lo que se podría hacer con programadores profesionales. Si las administraciones responsables y las líneas editoriales desarrollasen este tipo herramientas pedagógicas, la educación inclusiva sería un horizonte mucho más cercano. Es nuestra responsabilidad como sociedad apostar por una educación inclusiva y desarrollar metodologías y materiales para que las matemáticas sean accesibles para todos.

## 9. ANEXOS

### ANEXO I. EVALUACIÓN Y SESIONES

[https://docs.google.com/document/d/1RzG\\_9cDpqJi2Qg4SBFPg7SJ5qQJrLExAeBbVcBfkqUI/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1RzG_9cDpqJi2Qg4SBFPg7SJ5qQJrLExAeBbVcBfkqUI/edit?usp=sharing)

### ANEXO II. EVOLUCIÓN DE LAS SESIONES EN LA EVALUACIÓN INICIAL

[https://docs.google.com/document/d/1QmQvDZlSrCNg\\_o0P5Nkxr7JTY3EKr3sFrCN6Roi\\_bMY/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1QmQvDZlSrCNg_o0P5Nkxr7JTY3EKr3sFrCN6Roi_bMY/edit?usp=sharing)

### ANEXO III. SESIONES Y SECUENCIA DIDÁCTICA

[https://docs.google.com/document/d/1RzG\\_9cDpqJi2Qg4SBFPg7SJ5qQJrLExAeBbVcBfkqUI/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1RzG_9cDpqJi2Qg4SBFPg7SJ5qQJrLExAeBbVcBfkqUI/edit?usp=sharing)



## 10. BIBLIOGRAFÍA

CORRETGER, Josep M., SERÉS, Agustí, CASALDÀLIGA, Jaume, y TRIAS, Katy (2005). *Síndrome De Down: Aspectos Médicos Actuales*. Barcelona, España: Masson.

DÍEZ, Cristina, TAMARIT, Javier, BELINCHÓN, Mercedes, y CASAS, Silvia (2014). *Accesibilidad cognitiva en los centros educativos*. España.

FARAGHER, Rhonda, CLARKE, Barbara (Ed.). (2014). *Educating Learners with Down Syndrome*. 3rd Avenue, New York: Routledge.

RODRÍGUEZ BAUSÁ, Luis y OLMO REMESAL, Laura (2010). "Aportaciones para la intervención psicológica y educativa en niños con síndrome de Down". En: *Revista Docencia e Investigación*, nº 20. pp. 307-327.

TRONCOSO, María V., CERRO, María M. (1997). *Síndrome de Down: lectura y escritura*. Barcelona, España: Masson.

ABADÍN, Dolores A., DELGADO SANTOS, Clara I., y VIGARA CERRATO, Ángela (2010). "Comunicación Aumentativa y Alternativa" [en línea], 3ª ed. [Consulta: 10 de julio 2020]. Disponible en: <http://www.ceapat.es/InterPresent2/groups/imsero/documents/binario/comunicacionaumentativayalterna.pdf>

ARTEAGA, Blanca. (2017). *Aprender matemáticas en niños con síndrome de Down* [sitio web]. UNIR [Consulta: 9 de agosto 2020]. Disponible en: <https://www.unir.net/educacion/revista/noticias/aprender-matematicas-en-ninos-con-sindrome-de-down/549201633172/>

BASIL, Carmen. (2020). "¿Qué son los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC)?" En: *ARASAAC* [en línea], [Consulta: 9 de agosto 2020]. Disponible en: <http://www.arasaac.org/aac.php>

CENTROS PARA EL CONTROL Y LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES. (2020). *Información sobre el síndrome de Down*. [Consulta: 16 de junio 2020]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/birthdefects/downsyndrome.html>

CEPEDA RAMÍREZ, Martha R. (2017). "El juego como estrategia lúdica de aprendizaje". En: *Revista Internacional Magisterio* [en línea], nº 76. [Consulta: 13 de diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.magisterio.com.co/articulo/el-juego-como-estrategia-ludica-de-aprendizaje>

CONVENCIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD. (2021). [Libro electrónico]. [Consulta: enero 2020]. Disponible en: <https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf>

Historia de los SCAA - *Sistema de Comunicación Aumentativa Alternativa*. [Consulta: 3 de enero 2021]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/comunicandonosmejor/historia-de-los-scaa>



MOSQUERA GENDE, Ingrid. (2018) "Diseño universal para el aprendizaje (DUA): el camino hacia una educación inclusiva". En: *UNIR* [en línea]. [Consulta: 4 de enero 2021]. Disponible en: <https://www.unir.net/educacion/revista/diseño-universal-de-aprendizaje-dua-el-camino-hacia-una-educación-inclusiva/>

Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación de Comunicación (SAAC). (2020). "¿qué son?". En: *UNIR revista* [en línea]. [Consulta: 3 de enero 2021]. Disponible en: <https://www.unir.net/educacion/revista/los-sistemas-aumentativos-y-alternativos-de-comunicacion-saac/>

¿Qué es la comunicación bimodal? (2019). En: *Neurorhb.com*. [en línea]. [Consulta: 9 de agosto 2020]. Disponible en: <https://neurorhb.com/blog-dano-cerebral/que-es-la-comunicacion-bimodal/>

ARIZ ARGAYA, Amaya (2019). "¿Qué son los pictogramas y cómo se utilizan?". En: *CinfaSalud*. [En línea]. [Consulta: 13 de diciembre 2020]. Disponible en: <https://cinfasalud.cinfa.com/p/pictogramas/>



## La irrupción de VOX en la Región de Murcia: populismo y mediatización

/ PRIMER PREMIO Y ESTANCIA CSIC

**AUTORA** | ALBA GEA GARCÍA

**COORDINADORES** | ANTONIO GARCÍA ZAMORA Y ESTHER SÁNCHEZ PÉREZ

**CENTRO** | IES FRANCISCO ROS GINER

**CIUDAD** | LORCA-MURCIA

### RESUMEN |

El auge de VOX a nivel nacional es una realidad, presentándose la Región de Murcia como la comunidad que más simpatiza con la ultraderecha. Pretendemos en nuestro trabajo estudiar la estrategia seguida por VOX para la atracción de votantes, planteando la hipótesis de que es un partido populista y el fundamento de su estrategia es la mediatización. En la metodología elaboramos una tabla de los patrones populistas comparándola con el mensaje de VOX en Twitter. Además, analizamos la situación sociocultural de la Región de Murcia para determinar los factores clave de su auge. Comprobamos que VOX emplea patrones populistas como la retórica victimista que manipula las emociones de las clases populares; establecen así una causa y causante del mal nacional. Buscan la exaltación de lo patriótico y la formación -que emplea una retórica y argumentación simplistas- está encabezada por un líder carismático. Analizando, por otro lado, la situación murciana, vemos que ésta presenta una enorme desafección política, posturas políticas tradicionalistas y actitudes xenófobas que casan con el discurso político desarrollado por VOX. Concluimos con que VOX emplea un discurso populista, fundamentado en el sensacionalismo y sin rigor argumentativo, posible por la falta de criticismo político poblacional. Es así fundamental el empleo de medios como Twitter para lanzar mensajes continentales de una mentira sabida, repletos de insinuación y descontextualizados, que apelan a un perfil social concordante con el de la Región de Murcia, siendo un campo de cultivo propicio para el auge de partidos autoritarios.



### ABSTRACT |

The emergence of VOX at national level is a reality, the Region of Murcia being the autonomous community that sympathises the most with this ideology. In our research, we aim to study the strategy followed by VOX in attracting voters. We pose the hypothesis that VOX is a populist party, and that media coverage is the basis of its strategy. Regarding the methodology, we develop a table of the populist patterns comparing it with VOX's message on Twitter. Furthermore, we analyse the sociocultural situation of the Region of Murcia, to ascertain the key factors of their surge. We have been able to observe that VOX uses populist standards such as the rhetoric of victimization and the manipulation of the emotions of the working class politically illiterate. They identify a cause and those responsible for the national decline, and search of patriotic exaltation. The political formation, which uses simple rhetoric and argumentation, is headed by a charismatic leader. Analysing the region's situation, we identify political disaffection, traditional aspirations and a high level of xenophobia, facts that match VOX'S political discourse. We conclude that VOX uses a populist discourse, based on sensationalism and lacking rigor in their argumentation, made possible by the lack of political criticism by the population. The use of social media platforms like Twitter is the base from which to send out false messages, full of insinuation and decontextualized information, attracting a social profile which matches that of Murcia.



## 1. INTRODUCCIÓN

El auge de las formaciones de derecha radical en el panorama político europeo se viene dando desde finales del siglo pasado. Esto se presenta como una amenaza contra las pluralidades democráticas, debido a sus pretensiones homogeneizadoras de la nación. En España, este fenómeno se da con la aparición de VOX en 2015, obteniendo 3 millones de votos tras las Elecciones Generales de 2019. Pero ¿cómo siendo VOX un partido tan joven ha logrado que tantas personas lo vean como la solución a los problemas nacionales?, ¿de qué estrategias se sirve la ultraderecha española para atraer a tantos votantes?

Numerosos expertos apuntan a un auge de la derecha radical occidental dado por la adhesión al populismo. Estudiaremos a lo largo de esta investigación si es este también el caso de VOX. Además de ver qué relevancia podría tener dicha estrategia en la captación de votantes a nivel nacional, y más concretamente en la Región de Murcia; lugar donde VOX tuvo su mayor éxito en las Elecciones al Congreso de 2019.

La hipótesis planteada en la investigación es que VOX es un partido de carácter populista, siendo la mediatización el fundamento de su estrategia política. Los objetivos planteados son: (1) establecer los patrones del discurso populista y compararlos con los empleados por VOX en su estrategia; (2) determinar la importancia del uso de las redes sociales en la estrategia política de VOX, como medio de propaganda; (3) averiguar si existe correlación entre la situación social, política y económica en la Región de Murcia y la inclinación política de los votantes en este territorio.

## 2. ANTECEDENTES

Entre los investigadores de la derecha radical y populismos actuales destaca el politólogo Cas Mudde, el cual ha llevado a cabo numerosas investigaciones como la realizada junto a Cristóbal Rovira Kaltwasser, en la cual abordan un análisis de los populismos centrándose sobre todo en Europa. Por otro lado, la politóloga Pipa Norris destaca por su explicación del auge de los populismos a través de la tesis de la ansiedad cultural, desarrollada junto a Ronald Inglehart. Finalmente, Patrick Charaudeau analizó en 2009 la diferencia entre un discurso político normal y uno populista, hecho clave que nos ayudará a definir los rasgos populistas, independientemente de la ideología a la cual se adhieran.

### 2.1. NÚCLEOS IDEOLÓGICOS DE LA DERECHA RADICAL

Cas Mudde, partidario del enfoque de investigación ideacional, define al populismo como “una ideología delgada que considera a la sociedad dividida básicamente en dos campos homogéneos y antagónicos, el “pueblo puro” frente



a la “élite corrupta”, y que sostiene que la política ha de ser la expresión de la voluntad general (...) del pueblo” (2019, p.33). La derecha radical populista europea comparte tanto posturas populistas como nativistas. En su defensa esmerada de la “vox populi”, pilar común a todos los populismos, se está jugando con la distinción establecida por Rousseau entre voluntad de todos (unión de intereses particulares), y voluntad general (interés en pos del bien común de la comunidad) (Rousseau, 1762). Esto es así ya que hay una pretendida lucha contra las élites corruptas. Sin embargo, mirando esta noción de la voluntad general desde las lentes del nativismo, nos encontramos con que la definición de lo que consideran como verdadero pueblo se sustenta en principios xenófobos, buscando únicamente la representación de un sector étnico y cultural determinado. Volviendo al populismo como concepto en sí, su aplicación es muy variopinta, y ha abarcado movimientos políticos y sociales de todo el espectro ideológico. Es así que, necesita de una ideología a la cual adherirse, y puesto que el contexto político y de crisis del momento de su surgimiento son clave; nos encontramos con que en la Europa occidental ha habido una adhesión a esta ideología derechista, de corte más extremista y xenófobo, propiciada en parte por las crisis migratorias de principios del siglo XXI.

Podríamos concluir, entonces, sintetizando populismo con su variante actual europea, con que estamos ante una fuerte política identitaria que busca representar a una facción considerada portadora de los valores morales de la nación. Así, aplicado a políticos como Abascal o Le Pen, acabamos diciendo que el populismo es la base a la cual se adhiere una ideología gruesa central en su comportamiento político: el derechismo radical populista.

### 2.2. MEDIATIZACIÓN

La mediatización, entendida como la intervención o influencia que dificulta o impide la libertad de acción de una persona, institución o grupo social (Real Academia Española, 2021), se convierte en un factor primordial en el campo de la política. Partiendo de la tesis de Mudde y Kaltwasser, los cuales afirman que no puede haber un surgimiento de un partido populista si no hay un previo sustrato populista en la sociedad, la mediatización jugará un papel decisivo en el levantamiento de estos sentimientos de naturaleza populista. La exposición a todo tipo de información y el fácil acceso social a la misma ha convertido a las redes sociales en un campo propicio para llevar a cabo una tarea mediatizadora, respondiendo los mensajes a intereses particulares. Pierden los mensajes, gracias a la ampliación y facilidad de difusión, su rigor y validez argumentativos. Nos encontramos, de esta manera, con un campo político de semi teatralidad continua, nutrido a través de la más pura descontextualización y manipulación informativa. Esto propicia el fenómeno conocido como la posverdad, empleado ya como una forma más de hacer política, siendo el pilar de estrategias como la de Donald Trump o la del *Brexit* británico. El diccionario de Oxford define a este como “información o afirmación en la que los datos obje-



tivos tienen menos importancia para el público que las opiniones y emociones que suscita.” (Oxford Dictionary, 2022). Es así que la posverdad funciona gracias a la desinformación y a la mentira. Los mensajes se encuentran cargados de insinuación, superando la subjetividad a la objetividad. Asimismo, la confusión social entre información y conocimiento hace de esta estrategia comunicativa -plagada de intereses- algo muy sencillo de aplicar para influenciar en el comportamiento de las masas sociales.

### 3. METODOLOGÍA

Empleamos el método analítico e inductivo, puesto que partimos de la observación y estudio de las publicaciones en las páginas de Twitter de VOX, con el fin de comprobar si los tuits son pequeños engranajes que conforman una estrategia política más amplia, la cual sería el empleo de un discurso populista; y para la interpretación de estos se usará el método hermenéutico. Como métodos específicos se usa el histórico diacrónico (estudio evolución del populismo y características que permanecen), y el sincrónico (estudio auge actual de la extrema derecha). Asimismo, el diseño es documental, y, por otro lado, correlacional, ya que se estudiará la posible relación entre la situación de la Región de Murcia, con la intención de voto; comparándola con la gallega, puesto que ambas son comunidades que tradicionalmente han tenido un voto orientado al Partido Popular. Además, para establecer una comparación de los patrones del populismo - inspirada en la distinción que Patrick Charaudeau llevó a cabo entre un discurso político normal y uno populista- y el mensaje de VOX en Twitter, hemos diseñado una tabla dividida en cinco bloques según la temática analizada. Esta tabla nos servirá como marco de referencia para determinar si un partido o movimiento político es populista o no. La primera se enfoca en la victimización de las clases populares y la centralidad de la crisis en el mensaje. La segunda versa sobre el establecimiento de un causante y causa del mal; la tercera exhibe el enardecimiento de valores, mientras que la cuarta se centra en la figura del líder. El objeto de la quinta tabla será el lenguaje populista.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. PATRONES POPULISTAS Y VOX

#### 4.1.1. VICTIMIZACIÓN DE LAS CLASES POPULARES Y CRISIS

Uno de los pilares básicos en la estrategia populista es la divergencia entre élite y pueblo. Apelarán a las emociones básicas de la población, recurriendo a diversos miedos sociales, falacia conocida como argumentum ad pasiones. Dicha apelación se hace a través de expresiones como “especialmente humildes” o “a los trabajadores”. Sugieren que la integridad del pueblo está amenazada por culpa de las élites políticas, establecidas como enemigo interno. Por otra parte, la apelación victimista a ellos mismos tiene como fin la descalificación del adversa-



rio. La extrapolación de esto al campo del debate público hace que queden ellos como víctimas de los supuestos ataques del enemigo. Esta realidad creada sirve para que cualquier ataque proveniente del partido se presente como una defensa justificada, quedando la argumentación del contrario como una prueba de su supremacía. El carácter anti-elitista común a todos los populistas queda reflejado en la retórica de VOX rica en expresiones como “los otros” o “la élite”.


**TABLA 1. VICTIMIZACIÓN DE LAS CLASES POPULARES Y CRISIS.**

| Criterio comparativo  | Publicación   |
|---|---|
| Apelación a las clases populares, sirviéndose del resentimiento de estas, apelando al miedo y empleando el victimismo.                                    |  |
| <p><i>Nota:</i> Ejemplo de un patrón populista, de los tres analizados en el primer bloque de las tablas de análisis.<br/>Fuente: elaboración propia.</p> |   |

#### 4.1.2. CAUSA Y CAUSANTE DEL MAL

Tortosa (2003) afirma que las personas tienen un rechazo determinado por su psicología hacia lo distinto. Constituye, así, la figura del enemigo una herramienta de fácil creación de inseguridad en la población. Esto propicia que se tienda a aceptar cualquier explicación de carácter simplista, haciendo, por tanto, la figura del enemigo que el mundo sea más comprensible para estas personas. En la construcción de este enemigo social, desde VOX se emplea la figura de grupos que califican como “no patrióticos” (gobierno, “progres”, “mafia separatista” ...). En el sexto tuit de la Tabla 2 acusan al gobierno de un supuesto intento de retroceso en el tiempo con el fin de vencer en la Guerra Civil, un claro ejemplo de victimismo paranoide intergrupala, a la vez que una clara muestra de

**TABLA 2. CAUSANTE Y CAUSA DEL MAL.**

| Criterio comparativo   | Publicación   |
|--|---|
| Búsqueda de un enemigo interior y/o exterior.  |  |
| <p><i>Nota:</i> Ejemplo de un patrón populista, de los seis analizados en el segundo bloque de las tablas de análisis.<br/>Fuente: elaboración propia.</p> |   |



simpatía con aquellos que ganaron de la Guerra Civil. Por otro lado, en “1984”, la distopía de George Orwell (1949), se muestra cómo el gobierno oligárquico de un Estado emplea un enemigo distinto según convenga, pudiendo aplicar esto a la manera de emplear VOX la figura del inmigrante. En algunos casos presenta a este como la figura causante de los problemas nacionales (ver cuarto tuit, Tabla 2), mientras que en otros lo situará como una víctima con el fin de dar al gobierno el rol de enemigo (ver quinto tuit, Tabla 2).

#### 4.1.3. ENARDECIMIENTO DE VALORES

La apelación a la identidad nacional y a valores tradicionalistas se corresponde, siguiendo la estela de Norris e Inglehart (2016), con una crisis de ansiedad cultural, en el cual varios sectores poblacionales antes dominantes -en tanto que eran la encarnación de unos valores sociales preponderantes- han experimentado un descenso en importancia. Esta apelación a la pérdida de identidad se presenta como un pilar táctico esencial en la estrategia de VOX. Hemos de tener en cuenta que el auge del partido viene de la mano de dos importantes acontecimientos. Por un lado, el movimiento de los indignados de 2011, con el posterior crecimiento del partido populista de izquierdas español “Podemos”, el cual sigue la línea teórica del populismo de Laclau. Y, por otro lado, la crisis migratoria del año 2015, con un aumento de la inmigración en 2018. Esto favorece el mensaje populista alarmista respecto a la pérdida de los valores nacionales, por un lado, por un supuesto auge de valores progresistas por la línea de izquierdas, y, por otro lado, por la supuesta amenaza inmigrante contraria a la propuesta nativista de la derecha radical. Hay una clara apelación al sentimiento nacional que actúa como instrumento básico de cohesión social desde VOX, como bien se puede observar en la Tabla 3. Tienen estos idealmente al tradicionalismo como constitutivo esencial del país. Este inmovilismo de valores apunta de lleno a la teoría de la ansiedad cultural. En otros casos de populismo, como en América Latina, el anti-elitismo se enfoca en una línea económica; sin embargo, desde VOX este va dirigido a una élite cultural, a la cual califican como “progres”.

**TABLA 3. ENARDECIMIENTO DE VALORES.**

| Criterio comparativo  | Publicación |
|---|-------------|
| Construcción de una idealidad social a través de lo simbólico   |             |
| <p><i>Nota:</i> Ejemplo de un patrón populista, de los cuatro analizados en el tercer bloque de las tablas de análisis.<br/>Fuente: elaboración propia.</p> |             |



#### 4.1.4. LÍDER DE LA FORMACIÓN

Un factor clave para el triunfo populista es la existencia de un líder carismático. Sin embargo, siguiendo la afirmación de Mudde y Kaltwasser “casi todas las fuerzas populistas europeas son partidos más o menos organizados” (p.107), y esto es así por la preponderancia de sistemas parlamentarios en Europa. Así en España es esencial la existencia de un partido fuerte que se haga un hueco en el Parlamento. Esto provoca que, pese a que la figura de Santiago Abascal es importante, la formación ha de adoptar una supra identidad que quede por encima de cualquier dirigente en el intento de supervivencia del movimiento. Sin embargo, esto no quita que Abascal haya sido y sea un actor esencial en el crecimiento de VOX. En búsqueda de representación de la “vox populi”, hay una elaboración esmerada de su imagen, buscándose que sea un fiel reflejo del supuesto colectivo al que representa. Se proyecta como un hombre humilde y de familia, de raíces sencillas (ver cuarta y quinta imagen de la Tabla 4). Respecto a su oratoria, ya advirtió Gómez Ciriano (2019) que se busca que la cúspide del partido no de opiniones que denoten odio, es así, que Abascal refuerza -de forma más serena, moderada y aparentemente razonable- mensajes claves de VOX, de línea más agresiva en otras cuentas del partido. Para reforzar una

**TABLA 4. LÍDER Y FORMACIÓN ANTIESTABLISHMENT.**

| Criterio comparativo  | Publicación |
|---|-------------|
| Intento de presentarse como los verdaderos representantes del pueblo.   |             |
| <p><i>Nota:</i> Ejemplo de un patrón populista, de los cuatro analizados en el cuarto bloque de las tablas de análisis.<br/>Fuente: elaboración propia.</p> |             |

imagen protectora de aquellos sectores sociales que se sienten desprotegidos se recurre al empleo de fórmulas de choque, como fue el caso de la moción de censura presentada por VOX en octubre de 2020. Pese a su fracaso se aprovechó este suceso para erigirse como la “vox populi”, afirmando que, aunque el Congreso no hubiese actuado, lo habían hecho los españoles. Según Charaudeau (2009), el político populista ha de probar que tiene el potencial suficiente para trastocar todo aquello que considere incorrecto en el sistema, destacando su comportamiento por arranques de protesta.

#### 4.1.5. POPULISMO Y LENGUAJE

La retórica y argumentación del partido está fuertemente marcada por un carácter simplista, el cual constituye una importante base de acercamiento a los





más diversos sectores sociales. Se acentúa un mensaje contra la oposición por una supuesta inacción política, mientras que sus aparentes sencillas soluciones casan con la lógica de sus simpatizantes. Dentro de este marco argumentativo simplista, nos encontramos con otro importante factor esencial en toda retórica populista, la contraposición de conceptos. Mediante esta se acentúan los roles de víctimas y enemigos del pueblo, a través de la oposición de expresiones como “la España que madruga”, frente a los “enemigos de España”. A su vez, se reafirman como la única esperanza del pueblo hablando de ellos mismos como “partido de extrema necesidad”. En su tarea de acercamiento al pueblo se emplean expresiones en primera persona, que sintetizan al orador con los simpatizantes. Toda esta simplificación política nos lleva al terreno de la posverdad dentro de los medios de comunicación, y en especial consonancia con esta investigación, nos lleva a la estrategia del partido en Twitter. En los mensajes emitidos a través de esta red social hay una clara primacía de la subjetividad sobre la objetividad, dejando, por tanto, un enorme campo interpretativo al receptor. Además, esto unido a la más pura ironía populista visible en expresiones como “el buenísimo progre”, refuerzan un mensaje *antiestablishment* contra la élite cultural.

**TABLA 5. RETÓRICA POPULISTA.**

| Criterio comparativo   | Publicación   |
|--|---|
| Empleo de vocabulario familiar, y algunas veces vulgar.  |  |
| <p><i>Nota:</i> Ejemplo de un patrón populista, de los trece analizados en el quinto bloque de las tablas de análisis.<br/>Fuente: elaboración propia.</p> |   |

#### 4.2. CONTEXTO SOCIOCULTURAL MURCIANO Y VOX

Contamos a nivel nacional con varios factores propiciadores del auge de VOX, algunos ya mencionados con anterioridad en la investigación. Algunos de estos son el creciente flujo migratorio, o el aumento de movimientos como el del 15 M, que refuerzan el anti-elitismo cultural esencialmente tradicionalista. Hay una clara postura anti-inmigración de la sociedad murciana que se ve en su posicionamiento como la cuarta en el ranking de problemas nacionales (Centro de Investigaciones Sociológicas [CIS], 2019). Analizando esto en contraposición a Galicia, observamos una enorme diferencia respecto a posiciones anti-inmigración, ya que los gallegos sitúan a esta como el decimoséptimo problema nacional. Por otro lado, la tasa de inmigración en la Región de Murcia (14,69%) triplica a la gallega (4,15%) (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2019). Es en este punto donde juega un factor clave el discurso nativista y xenófobo adoptado desde VOX, ya que la supuesta amenaza de un enemigo externo puede



parecer más real para los murcianos. El nativismo de VOX se cristaliza en sus votantes, enlazando también esta cuestión con los problemas de nacionalismo periférico en España, como es la cuestión del catalanismo, tema central abordado en los medios de comunicación sobre todo a partir de 2017, años en los que VOX estaba comenzando a experimentar un mayor ascenso. Por otro lado, respecto al anti-elitismo, existe en la Región de Murcia, de forma similar al panorama nacional, un creciente desencanto con los políticos nacionales. Un 65,2 % de los murcianos se muestra poco o nada interesado con la política, lo que denota desinterés provocado por una fuerte desafección, visible en que un 52,7% de los murcianos califica a la política actual como “muy mala”. Siguiendo la línea de los estudios de Uribe Atalora (2017, citado en Albertazzi y McDonnell, 2008), el auge populista viene en muchos casos propiciado por la ineficacia de anteriores gobiernos. En contraposición a esto, el esmero de la construcción de la imagen de Abascal lo ha situado en el primer puesto en la valoración de los líderes políticos por los murcianos, situándose en la calificación de “muy bien”, con un 3,1%, lo que le instala por encima del actual presidente de España, Pedro Sánchez.

Situándonos en la vertiente de los medios, un 31,7% de los murcianos se informa sobre política a través de las redes sociales, lo que abre vía libre para la mediatización. Datos aportados por el CIS (2019) apuntan a que más del 30% de votantes entre 18 y 34 años fueron de VOX en la Región de Murcia. Mudde considera que los partidos populistas tratan de romper con la cultura dominante, abarcando sobre todo los nichos vacíos que dentro de la política no son tocados por otros partidos por ser temas controversiales o que no les favorecen. Esta “gente común” que siente que sus problemáticas vitales han sido despolitizadas se sienten despreciados y olvidados. En Murcia nos encontramos con una población joven en muchos casos tradicionalista, que puede ver su expectativa ideal de vida futura amenazada por nuevas corrientes ideológicas y sociales muy presentes a su alrededor. Ven a estas como una mayoría cultural dominante, mientras que, a la “gente común”, donde ellos se autoidentifican, como una minoría decreciente. Es así que este ascenso de voto joven se podría explicar, a través del posicionamiento en contra de la élite cultural que se mantiene desde VOX. Estos, a través del uso de las redes sociales, logran un mayor acceso a este sector poblacional y existe una mayor capacidad de manipulación discursiva de los mismos, por la capacidad de lanzar mensajes de ende sensacionalista con gran calado social. Y respecto al análisis ideológico, tanto Galicia como Murcia presentan una postura de carácter conservador y derechista, sin embargo, mientras que en Galicia un 7,8% de su población votó a VOX, en Murcia este porcentaje fue de un 28,16%. Respecto a la propia clasificación ideológica murciana, destaca que el 47,9% se identifica dentro del espectro derechista-conservador. En la calificación de “conservador/a” los murcianos superan por más de 18 puntos a los gallegos; este hecho unido a la postura liberal (18,9% de murcianos frente a un 8,2% de gallegos) (CIS, 2019), puede ser clave en la orientación hacia VOX, ya que son rasgos característicos de una orientación derechista radical.



## 5. CONCLUSIONES

1. Tras haber analizado y comparado los pilares de la oratoria populista con los patrones de la estrategia de VOX, comprobamos que existe un discurso populista, que se fundamenta en sentimientos y pasiones de una parte de la sociedad. Emprenden una pérdida de rigor argumentativo, que lejos de ser rechazada socialmente, constituye la base de su enorme popularidad. Pese a que VOX no ha logrado gobernar tras las últimas elecciones, ha contado con éxito de politización de muchos temas, y su consecuente introducción en la agenda pública. Estos son temas que no triunfarían en el ámbito público si no hubiese un sustrato social sobre el que se edificasen, si no existiese una demanda populista. La investigación apunta a que su éxito no viene dado por el mero uso del populismo, sino que la ideología huésped, es decir, el derechismo radical que tiene intrínseco en sí posturas tradicionalistas y xenófobas, han logrado un gran calado en un amplio sector poblacional, que le ha otorgado a VOX creciente importancia en el marco político. Constituye VOX un claro ejemplo de partido populista por varios motivos, uno de ellos es su auge en un momento de crisis siguiendo estrategias de línea populista. Ha habido un aprovechamiento de nichos vacíos y se ha desarrollado su política en torno a los mismos. Y como partido de derecha radical que sigue la estela europea, se caracteriza por el autoritarismo y nativismo.

2. El empleo de redes sociales como Twitter por parte de VOX se convierte en su pilar básico estratégico, puesto que este tipo de medios de comunicación posibilitan el lanzamiento de mensajes contundentes de una mentira sabida. Esta libertad divulgativa hace que se haga posible la creación de un enemigo común de forma simple, lanzando mensajes repletos de odio y estigma, a su vez envueltos en la descontextualización, contra aquellos grupos sociales considerados desde la formación como adversarios. El lanzamiento de mensajes simplistas hace posible lo que hemos calificado como monopolización argumentativa: los simpatizantes de la formación emplean inconscientemente los argumentos ya diseñados por VOX, logrando que mediante el empleo reiterado de estos adquieran una veracidad que realmente no tienen.

3. Tras analizar la situación en la Región de Murcia, colegimos que las aspiraciones básicas de los murcianos concuerdan con los puntos en los cuales VOX focaliza su discurso. Nos encontramos con una región que presenta un profundo desencanto político, aspiraciones conservadoras y tradicionalistas, y un enorme rechazo a la inmigración, que desemboca en posturas xenófobas, lo que hace de esta comunidad un campo del cultivo propicio para el arraigo de la derecha radical populista.



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centro de Investigaciones Sociológicas (2019). *Barómetro de diciembre 2019. Postelectoral elecciones generales 2019*.
- Centro de Investigaciones Sociológicas (2019). *Macro barómetro de octubre de 2019. Preelectoral elecciones generales 2019. Galicia*.
- Centro de Investigaciones Sociológicas (2019). *Macro barómetro de octubre de 2019. Preelectoral elecciones generales 2019. Región de Murcia*.
- Gómez Ciriano, R. (2019). El caso VOX: análisis de la comunicación de la campaña a las elecciones nacionales [Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid] UVaDOC repositorio documental de la Universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/37337>
- Inglehart, R. F., & Norris, P. (2016). Trump, Brexit, and the rise of populism: Economic have-nots and cultural backlash. HKS Faculty Research Working Paper Series RWP16-026.
- Instituto Nacional de Estadística. (2019). *Movimientos migratorios exteriores*. <https://www.ine.es/up/FKD8kSbs>
- Mudde, C. & Kaltwasser, C. (2017), *Populismo: una breve introducción*, primera edición, España, Alianza Editorial.
- Orwell, G. (1945). 1984, Novena Edición, España, Editorial Debolsillo.
- Oxford Dictionary (s.f.). Posverdad. Recuperado el 22 de enero, 2021. <https://www.lexico.com/es/definicion/posverdad>
- Real Academia Española (s.f.). Mediatizar. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 15 de enero, 2021, de <https://dle.rae.es>.
- Rousseau, J. J. (1762). *Del contrato social*. Discursos. Madrid. Alianza Editorial.
- Tortosa Blasco, J. M. (2003). La Construcción Social del Enemigo. *Convergencia*. Revista de Ciencias Sociales, 10(33), 177-195.
- Uribe Otalora, A. (2017). El populismo como vanguardia del desencanto político en Europa: el fenómeno «Podemos» en España. *Revista de Estudios Políticos*, 177, 213-255. <https://doi.org/10.18042/cepc/rep.177.07>



## Impacto del uso de las redes sociales en el autoconcepto

/ SEGUNDO PREMIO

**AUTORAS** | PILAR GUILLOT RUIZ Y CLAUDIA SILVESTRE GARCÍA

**COORDINADORA** | LYDIA MORAGÓN FANDOS

**CENTRO** | IES JUAN DE GARAY

**CIUDAD** | VALENCIA

### RESUMEN |

El presente trabajo tiene como principal objetivo encontrar la relación entre la adicción a las redes sociales y el desarrollo de un bajo autoconcepto. La investigación se ha desarrollado diferenciando una fase descriptiva de las variables adicción y autoconcepto, una fase analítica, un análisis de riesgo y un estudio cualitativo mediante grupos de discusión. Los resultados obtenidos muestran qué tipo de relación encontramos entre los distintos niveles de adicción y el desarrollo de un mal autoconcepto. Además, el análisis de riesgo pone de manifiesto que las personas adictas tienen 1,494 veces más riesgo de desarrollar un bajo autoconcepto académico-laboral que las no adictas y tienen 2,314 veces menos riesgo de desarrollar un bajo autoconcepto emocional que las no adictas. Las personas adictas severas acentúan estas relaciones y, además, muestran un mayor autoconcepto social. El estudio cualitativo dio validez a estos resultados y nos permitió entender con mayor profundidad las relaciones obtenidas.



### ABSTRACT |

This academic paper is aimed at trying to establish the relationship between having social media addiction and developing a low self-concept. The research has been done distinguishing a descriptive phase of the addiction and self-concept values followed by an analytical phase, a risk analysis, and a qualitative study through discussion groups. The results obtained show which kind of relationship is found between the different levels of addiction and the development of a low self-concept. Furthermore, the risk analysis outlines that addicts have 1,494 times more risk of developing a low academic self-concept than non-addicts while having 2,314 times less risk of developing a low emotional self-concept compared to non-addicts. Severely addicted people aggravate these relationships. However, they show a higher social self-concept. The qualitative study validated these results and enabled us to adopt a deeper and more understanding approach of the obtained relationships.



## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En una sociedad en la cual el desarrollo tecnológico es el motor fundamental de su progreso, las nuevas tecnologías y, en especial, las redes sociales, tienen una gran importancia. Estas nos han facilitado la vida en lo que a comunicación se refiere, pero también han surgido peligros asociados a la adicción a estas.

El concepto de adicción originalmente estaba asociada a una relación de dependencia a una sustancia, en cambio, ahora sabemos que existen otro tipo de adicciones, conocidas como adicciones conductuales, “en las que el objeto de adicción no es una sustancia sino una actividad”. (Robles, 2015). En la década de los 90 se introdujo el interés por el estudio de estas adicciones como en la investigación Las otras drogas (Fernández, 1996), aunque no se mencionaba que Internet formara parte de estas. Con la aparición de las redes sociales, ha resurgido el debate acerca de si los niveles de adicción que las adicciones tecnológicas pueden producir son similares a los de los estupefacientes, lo cual es de gran interés si consideramos que los adolescentes son sus principales consumidores.

Recientemente, en 2020, se ha estudiado la relación entre el uso adictivo de Facebook y el autoconcepto en estudiantes colombianos y se ha observado que un menor uso de Facebook conlleva una mayor valoración del autoconcepto, mientras que una elevada adicción a Facebook se traduce en una menor valoración del autoconcepto. (Murillo y Puerta- Cortés, 2020). El autoconcepto es la reflexión consciente que hace el individuo sobre sí mismo. Suele definirse, en sentido genérico, como el conjunto de imágenes, pensamientos y sentimientos que el individuo tiene de sí mismo tal y como afirma Rosenberg (1979), profesor y doctor en Sociología de la Universidad de Columbia. Estos pensamientos y sentimientos, consecuentemente, permiten diferenciar dos componentes o dimensiones de los mismos: los cognitivos y los evaluativos.

Por último, es importante señalar que las adicciones tecnológicas, y concretamente, la adicción a las redes sociales, es una realidad de nuestra sociedad y la respuesta a la misma es aún escasa, variable y fragmentada. Por ejemplo, en el contexto escolar, se aborda la prevención ante riesgos relacionados con el mal uso de Internet, pero no se elaboran estrategias de prevención de conductas adictivas. (Soto, Miguel, y Díaz, 2018)

Es por esto que consideramos interesante relacionar las variables adicción a las redes sociales y el autoconcepto para entender los efectos psicológicos derivados del uso excesivo de las redes. En este trabajo, abordaremos la relación entre las variables también desde un enfoque cualitativo que nos permita entender la relación entre en uso de las redes sociales y el desarrollo del autoconcepto ya que “la revolución de la tecnología de la información, [...] será el punto de entrada para analizar la complejidad de la nueva economía, sociedad y cultura en formación”. (Castells, 2004)



Con el objetivo de conocer las diferencias en el desarrollo del autoconcepto de personas con distintos niveles de adicción hemos desarrollado el siguiente trabajo de investigación. Los resultados del cual son mostrados en el último capítulo en el que, tras realizar un análisis descriptivo, se presenta un estudio analítico mediante comparación de medias y un análisis de riesgo que nos ha permitido conocer si la adicción a las redes sociales puede ser considerada un factor de riesgo para tener un bajo autoconcepto. Finalmente, para entender con profundidad los resultados obtenidos se han desarrollado grupos de discusión con los que profundizar sobre la relación de los jóvenes con las redes sociales. Esta parte del trabajo es de vital importancia ya que, entender el nexo de unión de los jóvenes con las redes sociales nos permitirá, en un futuro, trazar unas líneas de actuación para prevenir la adicción.

## 2. METODOLOGÍA

Para diseñar nuestra investigación partimos de la hipótesis que la mayoría de adolescentes son adictos a las redes sociales. Además, consideramos que existen relaciones entre esta adicción y el desarrollo del autoconcepto y dicha adicción es inversa, es decir, cuanto mayor es la variable adicción menor es la variable autoconcepto. También asumimos que existen diferencias significativas en la variable autoconcepto para los distintos niveles de adicción, que el uso excesivo de las redes sociales es un factor de riesgo para desarrollar un bajo autoconcepto y que los jóvenes tienen una visión de las redes sociales distinta a los adultos considerándolas parte de su día a día. Así, el objetivo principal de este trabajo es encontrar una relación entre el grado de adicción a redes sociales y el autoconcepto en adolescentes, desarrollar un análisis que ponga de manifiesto el riesgo que supone ser adicto a las redes sociales y, por último, entender los elementos causales de esta relación.

Para llevar a cabo la investigación realizaremos un estudio estadístico dividido en un trabajo de campo y una fase analítica. Además de un estudio cualitativo mediante grupos de discusión. La base de datos y la parte descriptiva de la investigación se ha realizado con Microsoft Excel y, el análisis de los datos mediante IBM SPSS Statistics 26.

En relación a la población y la muestra de nuestro estudio estadístico, este se ha desarrollado en nuestro instituto por lo que el segmento poblacional son los estudiantes de los distritos de Patraix, Jesús, Safranar y San Isidro. Se ha obtenido una muestra de 632 estudiantes, en edades comprendidas entre 12 y 18 años y con representación equitativa de los géneros masculino y femenino.

Los instrumentos empleados han sido un cuestionario diseñado para la investigación y dos test estandarizados para medir las variables de interés.

La variable adicción ha sido medida mediante el Cuestionario de Adicción a las redes sociales -ARS- propuesto por Miguel Ecurra y Edwin Salas el cual cuenta con 24 preguntas que se responden con una escala de Likert de 5 valores. Según los resultados del test se clasifica a los sujetos como; sin adicción, si no existe adicción a las redes. Adicción leve, si se trata de un usuario medio de redes sociales. Las usa demasiado, pero tiene control sobre estas. Adicción moderada,

Figura 01.

Clasificación de los resultados del test ARS en distintos niveles de adicción.

Elaboración propia.



si el usuario debería si el uso de las redes sociales está relacionado con algunos de sus problemas y, por último, adicción severa, si el usuario debería evaluar el impacto que tiene el uso de redes sociales en su vida y solucionarlo. Así, tal y como se observa en la Figura 1 el test considera adictas a todas aquellas personas usuarias de redes sociales con más de 25 puntos.

La variable autoconcepto ha sido medida empleando el Test Autoconcepto de forma 5 -AF5- creado por Fernando García y Gonzalo Musitu que contiene 30 afirmaciones, 6 para cada dimensión del autoconcepto, las cuales se evalúan con valores entre 1 y 99 siendo el 1 “nada de acuerdo”. La puntuación obtenida en cada dimensión es un valor entre 0,1 y 9,9, el cual se debe buscar en las tablas tipificadas del manual de uso del AF5, que, divididas por sexo y edad, nos permiten encontrar el percentil poblacional donde se ubica cada sujeto.

Por último, para profundizar en los aspectos que nos hayan resultado de mayor interés en el estudio estadístico utilizaremos grupos de discusión. Se han realizado 6 grupos representativos para cada nivel educativo.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

#### 3.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

##### 3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE ADICCIÓN

Si consideramos la variable tal y como se obtiene del test ARS, se trata de una variable continua que toma valores desde 0 hasta 96. Como vemos en la Figura 2, la media de la variable es 30,36, por encima de los no adictos -hasta 24 puntos-. Además, podemos observar que se distribuye como una normal con asimetría positiva, es decir, desplazada hacia su derecha. Si la consideramos una variable categórica, dividiendo la muestra en grupos asociados a cada nivel de

adicción, se observa que la mayoría del alumnado presenta una adicción leve y que la suma de los adictos (60.6%), supera a la de los no adictos (39.3%).

Figura 02.

A la izquierda. Distribución de la variable adicción obtenida en el test ARS tomada como variable continua. A la derecha. Distribución de la variable adicción obtenida en el test ARS tomada como variable categórica. Elaboración propia.



##### 3.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE AUTOCONCEPTO

La variable Autoconcepto se ha estudiado dividida en las 5 dimensiones que proporciona el test AF5 y para cada una de estas hemos estudiado la distribución de la variable considerando: el total de la muestra, cada nivel de adicción, y para adictos y no adictos. A continuación, solo mostraremos la distribución según los niveles de adicción y se entenderá que un percentil menor de 50 implica tener un bajo autoconcepto.

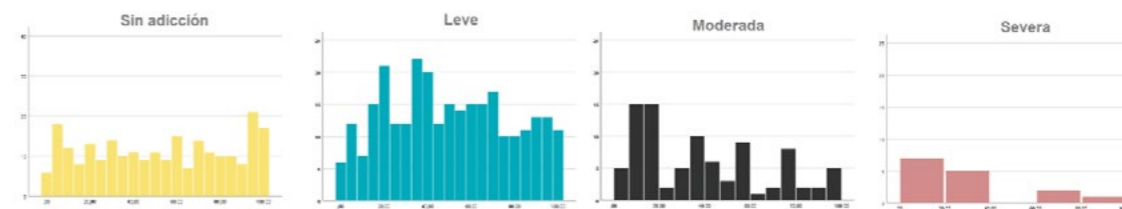


Figura 03. Distribución de la variable autoconcepto académico-laboral para la muestra dividida en niveles de adicción. Se observa que, en el grupo sin adicción, el pico lo encontramos entre los percentiles 92-96, mientras que, tanto en la adicción moderada, como en la adicción severa, se observa cierta tendencia a la baja, es decir, a tener un bajo autoconcepto. Elaboración propia.

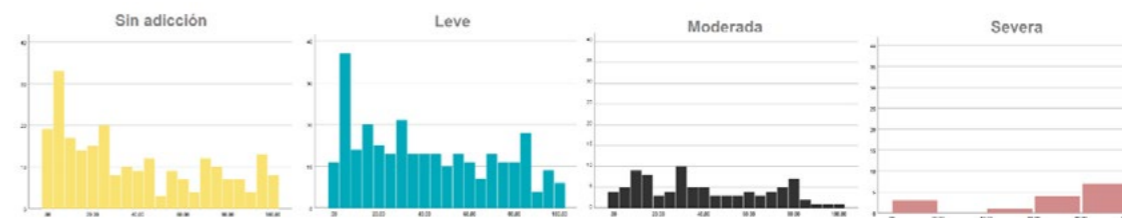


Figura 04. Distribución de la variable autoconcepto social para la muestra dividida en niveles de adicción. - los no adictos y los que presentan adicción leve mantienen el pico en percentiles bajos. También se aprecia cierta tendencia al alza en el autoconcepto de los adictos severos. Elaboración propia.

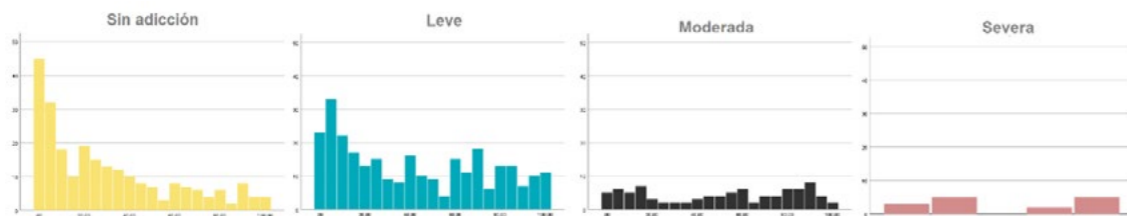


Figura 05. Distribución de la variable **autoconcepto emocional** para la muestra dividida en niveles de adicción. Los más adictos presentan cierta uniformidad. Sin embargo, para los niveles más bajos de adicción se mantiene una tendencia clara a desarrollar un bajo autoconcepto emocional. Elaboración propia.

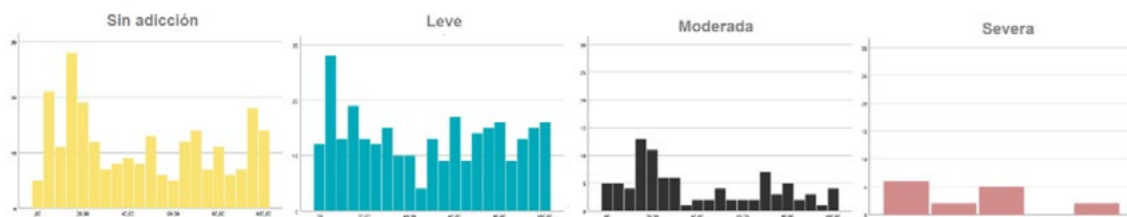


Figura 06. Distribución de la variable **autoconcepto familiar** para la muestra dividida en niveles de adicción. Se acentúa la presencia de picos por debajo del percentil 20, sobre todo en los menos adictos. Sin embargo, para los niveles más altos de adicción observamos cierta tendencia a la baja. Elaboración propia.

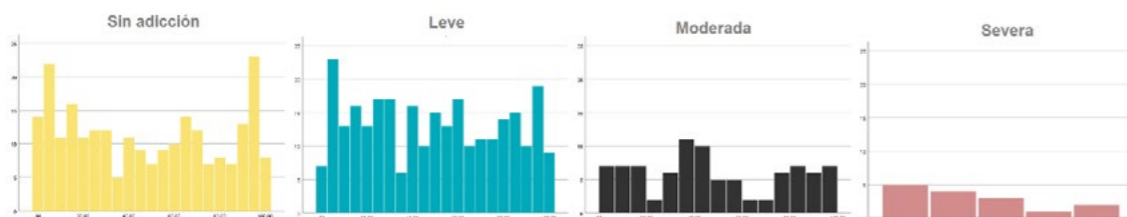


Figura 07. Distribución de la variable **autoconcepto físico** para la muestra dividida en niveles de adicción. No se observan tendencias significativas. No obstante, encontramos dos picos en los percentiles 10 y 96 y una significativa caída alrededor del percentil 30. De no ser por estos valores atípicos la distribución podría considerarse uniforme. Ahora bien, en el caso de las adicciones moderada y severa, los picos prácticamente desaparecen y las caídas se acentúan. Elaboración propia.

### 3.2 COMPARACIÓN DE MEDIAS

Hemos considerado que la comparación de medias podría ser un estudio de interés en nuestro trabajo ya que, a pesar de no encontrar correlación entre las variables, sí hemos observado diferentes medias del percentil del autoconcepto para los distintos niveles de adicción. Así, para comprobar si existen evidencias que nos permitan afirmar que las poblaciones comparadas; adictos vs no adictos y distintos niveles de adicción; tienen la misma media en el autoconcepto hemos realizado los siguientes análisis con una significancia del 95% y por tanto, a partir de un p-valor de 0,05 concluiremos si las diferencias son significativas o no.

### 3.2.1 PRUEBA ANOVA PARA CUATRO MUESTRAS INDEPENDIENTES

Para la comparación de medias para los 4 niveles de adicción utilizaremos la prueba Anova en la que necesitaremos poder asumir varianzas iguales. El test de Levene desveló que no podíamos asumir homogeneidad de varianzas para el autoconcepto académico-laboral por lo que en este caso se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, análoga a la prueba Anova, que no requiere condiciones especiales para aplicarse. Tras estos análisis realizaremos las pruebas Post-Hoc, que comprueban si existen diferencias entre grupos comparándolos dos a dos. En la Tabla 1 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 01.

Relación de resultados obtenidos en la comparación de medias entre los distintos niveles de adicción.

Elaboración propia.

| Comparación de medias    |                        | Pruebas Post-Hoc             |                          |
|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <b>Académico-Laboral</b> | <b>Kruskal-Wallis</b>  | <b>Sin adicción-leve</b>     | p-valor: 0,402 Medias =  |
|                          | p-valor: 0,000         | <b>Sin adicción-moderada</b> | p-valor: 0,0001 Medias ≠ |
|                          |                        | <b>Sin adicción-severa</b>   | p-valor: 0,0001 Medias ≠ |
|                          |                        | <b>Leve-moderada</b>         | p-valor: 0,005 Medias ≠  |
|                          |                        | <b>Leve-severa</b>           | p-valor: 0,0004 Medias ≠ |
| <b>Medias ≠</b>          | <b>Moderada-severa</b> | p-valor: 0,130 Medias =      |                          |
| <b>Social</b>            | <b>Anova</b>           | <b>Sin adicción-leve</b>     | p-valor: 0,727 Medias =  |
|                          | p-valor: 0,019         | <b>Sin adicción-moderada</b> | p-valor: 0,974 Medias =  |
|                          |                        | <b>Sin adicción-severa</b>   | p-valor: 0,010 Medias ≠  |
|                          |                        | <b>Leve-moderada</b>         | p-valor: 0,989 Medias =  |
|                          |                        | <b>Leve-severa</b>           | p-valor: 0,027 Medias ≠  |
| <b>Medias ≠</b>          | <b>Moderada-severa</b> | p-valor: 0,027 Medias ≠      |                          |
| <b>Emocional</b>         | <b>Anova</b>           | <b>Sin adicción-leve</b>     | p-valor: 0,001 Medias ≠  |
|                          | p-valor: 0,000         | <b>Sin adicción-moderada</b> | p-valor: 0,000 Medias ≠  |
|                          |                        | <b>Sin adicción-severa</b>   | p-valor: 0,014 Medias ≠  |
|                          |                        | <b>Leve-moderada</b>         | p-valor: 0,245 Medias =  |
|                          |                        | <b>Leve-severa</b>           | p-valor: 0,301 Medias =  |
| <b>Medias ≠</b>          | <b>Moderada-severa</b> | p-valor: 0,930 Medias =      |                          |
| <b>Familiar</b>          | <b>Anova</b>           | p-valor: 0,110 Medias =      |                          |
| <b>Físico</b>            | <b>Anova</b>           | p-valor: 0,488 Medias =      |                          |

### 3.2.2 PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES

Para comparar las medias entre adictos y no adictos. Como se trata de dos muestras, utilizaremos una prueba t para muestras independientes. Esta se ha realizado para cada dimensión haciendo uso del SPSS. Los resultados de esta prueba se han resumido en la Tabla 2.

Tabla 02.

Relación de resultados obtenidos en la prueba t comparando la media de adictos y no adictos para el percentil de cada autoconcepto.

Elaboración propia.

| <b>Acad-Laboral</b> | <b>Social</b>  | <b>Emocional</b> | <b>Familiar</b> | <b>Físico</b>  |
|---------------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|
| p-valor: 0,028      | p-valor: 0,153 | p-valor: 0,000   | p-valor: 0,897  | p-valor: 0,770 |
| Medias: ≠           | Medias: =      | Medias: ≠        | Medias: =       | Medias: =      |



### 3.3 ANÁLISIS DE RIESGO

Para la estimación de riesgo se ha utilizado la medida estadística Odds ratio -OR-, también conocida como razón de posibilidades. Esta es una medida de asociación entre dos variables dicotómicas e indica la fortaleza de la relación entre la ocurrencia de una y la ocurrencia de otra. En nuestro caso compararemos la ocurrencia de adicción con la ocurrencia de desarrollar un bajo autoconcepto. La OR será el cociente de las odds obtenidas para adictos y no adictos y nos indicará cuánto riesgo de más tienen los adictos de desarrollar un bajo autoconcepto con respecto a los no adictos.

Para realizar el análisis de riesgo en el SPSS en primer lugar realizamos una prueba Chi-cuadrado para comprobar si existe dependencia entre variables y es interesante realizar el análisis de riesgo. Puesto que en la comparación de medias se han observado diferencias significativas entre los adictos severos y el resto, también hemos realizado el análisis de riesgo dividiendo la muestra en adictos severos sí o no. Ambos resultados se resumen en la Tabla 3.

Tabla 02.

Relación de resultados obtenidos en el análisis de Riesgo mediante la medida OR para cada autoconcepto dividiendo la muestra entre adictos y no adictos y entre adictos severos y no adictos severos.

Elaboración propia.

|                     | Chi-cuadrado | OR    | Conclusión       | Chi-cuadrado | OR    | Conclusión       |
|---------------------|--------------|-------|------------------|--------------|-------|------------------|
| <b>Acad-Laboral</b> | 0,014        | 1,949 | Factor de riesgo | 0,018        | 4,14  | Factor de riesgo |
| <b>Social</b>       | 0,26         | x     |                  | 0,06         | 0,226 | Factor protector |
| <b>Emocional</b>    | 0,000        | 0,432 | Factor protector | 0,476        | x     |                  |
| <b>Familiar</b>     | 0,976        | x     |                  | 0,246        | x     |                  |
| <b>Físico</b>       | 0,786        | x     |                  | 0,204        | x     |                  |

### 3.4 ANÁLISIS CUALITATIVO. GRUPOS DE DISCUSIÓN

Por último, se abordó la investigación de una forma cualitativa para identificar así los factores que provocan la relación encontrada en el estudio cuantitativo.

#### 3.4.1 ¿QUÉ CREÉIS QUE NOS APORTAN HOY EN DÍA LAS REDES SOCIALES QUE EL MUNDO SIN REDES NO NOS PUEDE APORTAR?

La principal respuesta fue entretenimiento. Los y las jóvenes entran en redes sociales para distraerse, desconectar e informarse. También fue unánime la respuesta “vida social”. Las personas adolescentes están acostumbradas a comunicarse por redes sociales. Además, a quienes las consumen de forma más pasiva, les permiten estar al día de lo que hacen sus amigos. Es más, un chico de 18 años con una relación a distancia asegura que las redes sociales no solo la facilitan, sino que la hacen posible.



#### 3.4.2 ¿DIRÍAIS QUE LAS REDES SOCIALES TIENEN MÁS COSAS POSITIVAS O NEGATIVAS?

Lo primero que dicen los jóvenes es que las redes son positivas, posiblemente porque parten de la pregunta anterior. Al avanzar en el debate surgieron aspectos menos evidentes, varias personas hicieron referencia a aspectos positivos de las redes sociales como que les sirven para motivarse a llevar hábitos saludables, les ayudan a compartir sentimientos y vivencias con tu círculo más cercano y te permiten escapar de la cruda realidad.

“Si alguien decide seguir a una persona que le gusta y hacer la dieta y los ejercicios que propone, al final se siente mejor” (Chica, 18 años)

“Sales de la burbuja de todo lo malo, que con la pandemia...” (Chica, 16 años)

Pese a esto todos y todas coincidían que la información compartida en redes es, en parte, falsa, pues idealiza la realidad. En este punto surgió el aspecto negativo: la perfección que se muestra en las redes. Decían que ellos mismos crean en redes una imagen idealizada de su vida.

“Si te ves fea no subes fotos o las retocas, pero tú no eres así” (Chica, 17 años)

#### 3.4.3 ¿PENSÁIS QUE A TRAVÉS DE LAS REDES SOCIALES ES MÁS FÁCIL HACER AMIGOS? ¿ES MÁS FÁCIL CONOCER GENTE NO?

La mayoría de las personas opinaban que depende del tipo de personalidad que cada uno tenga. No obstante, era unánime la opinión de que las redes sirven más para conocer gente que para hacer amigos. Por otra parte, comentaron que las redes sociales te posibilitan conocer a la gente sin prejuicios. Destacamos un grupo donde las alumnas hablaron de como un chico que es Asperger, y en clase no interactúa, se comunica perfectamente a través de las redes. Posiblemente sin las redes sociales este alumno no estaría integrado en el grupo.

#### 3.4.4 IMAGINAROS QUE ENTRAN DOS PERSONAS UNA QUE NO TIENE REDES SOCIALES Y OTRA CON 8 MILLONES DE SEGUIDORES EN INSTAGRAM ¿PENSARÍAIS ALGO DE SU PERSONALIDAD?

La mayoría se sorprendió de que una persona no tenga redes a su edad. En cuanto a la persona con muchos seguidores en general no la juzgaban, pero intentaban justificar ese número elevado de seguidores. Respecto a cómo afectan los seguidores a la personalidad, observamos que para los y las jóvenes no tiene mucha relación el número de seguidores con cómo es una persona, y afirman que fijarse en la cifra de seguidores te hace sacar conclusiones precipitadas.



“la gente ya no les da tanta importancia a los seguidores o likes, porque hay muchas cuentas falsas y es muy fácil conseguirlos” (Chica, 16 años)

Parece que a los jóvenes la cantidad de seguidores que tiene una persona en redes solo les informa de cómo es la vida social de esta. A pesar de ello, todos los grupos coincidían en que más seguidores no es sinónimo de más amigos. La mayoría afirmaban que tener más seguidores no te hace más feliz, pero si puede hacerte más infeliz si estos seguidores generan odio desde el anonimato.

#### 3.4.5 CUANDO TENÉIS MUCHOS EXÁMENES. ¿PASÁIS MÁS TIEMPO EN REDES O MENOS? ¿LAS REDES SOCIALES DIRÍAIS QUE AFECTAN A VUESTRA CONCENTRACIÓN O A VUESTRAS NOTAS?

Aprovechando el comentario positivo que surgió en casi todos los grupos “sin móvil perderíamos menos el tiempo y lo dedicaríamos a estudiar o a otras cosas más importantes” (Chica, 14 años) decidimos preguntar sobre qué uso hacían de las redes sociales en época de exámenes. Prácticamente todas las respuestas iban enfocadas a un uso mayoritario de las redes. En general en los grupos se llegaron a dos conclusiones unánimes. La gente en época de exámenes o bien pasa más tiempo en redes para no estudiar, o bien pasa el mismo tiempo en redes sociales cuando debería reducirlo y dedicarlo al estudio.

## 4. CONCLUSIONES

A continuación, detallaremos las conclusiones a las que se ha llegado considerando los resultados obtenidos y remarcando los hallazgos más relevantes de cada análisis. En primer lugar, es importante resaltar que de una muestra de 632 adolescentes la mayoría resultaron adictos a las redes sociales, siendo únicamente no adictos el 39,4%. El 44,2% mostraron una adicción leve, el 14% una adicción moderada y el 2,3% una adicción severa.

En cuanto a la variable autoconcepto, estudiada en 5 dimensiones distintas, el análisis descriptivo concluyó que en general los adolescentes tienen un peor autoconcepto académico-laboral pero mejor autoconcepto emocional. Además, se pudo observar con facilidad que los adictos severos tienen un muy bajo autoconcepto académico-laboral, pero tienen mejor autoconcepto social.

Tras realizar una comparación de medias del percentil del autoconcepto concluimos que, entre adictos y no adictos, las medias son distintas tanto para el autoconcepto académico-laboral como para el emocional. Asimismo, la comparación de medias entre los distintos niveles de adicción reveló que las medias eran distintas para los autoconceptos académico-laboral, social y emocional. Tras realizar las pruebas Post Hoc y comparar los grupos dos a dos se concluyó que en el autoconcepto académico-laboral encontramos diferencias entre los



grupos sin adicción con adicción moderada y adicción severa y también entre los sujetos con adicción leve con los que presentan adicción moderada y severa. En el autoconcepto social únicamente encontramos diferencias para los adictos severos y en el emocional para el grupo sin adicción.

Los hallazgos del análisis de riesgo solo resultaron relevantes para el autoconcepto académico-laboral y para el emocional de los que podemos concluir que los adictos tienen 1,494 veces más riesgo de desarrollar un *bajo autoconcepto académico-laboral* que los no adictos y a su vez, tienen 2,314 veces menos riesgo de tener un *bajo autoconcepto emocional*, siendo la adicción factor protector. Por último, al realizar el análisis de riesgo diferenciando entre adictos severos y no adictos severos, los resultados manifestaron que los adictos severos tienen 4,144 veces más riesgo de tener un *bajo autoconcepto académico-laboral*, pero 4,424 menos riesgo de desarrollar un *bajo autoconcepto social* que el resto.

Las conclusiones que hemos obtenido de los grupos de discusión han sido en primer lugar que los adolescentes consideran que existe adicción a las redes ya que todos afirmaban que las redes sociales deberían considerarse una adicción a pesar de no preguntarles al respecto. También aseguraban mayoritariamente que no entienden su vida social sin las redes sociales, lo que explicaría que los adictos severos presenten un mayor autoconcepto social. En cuanto a la relación con el autoconcepto académico-laboral, los adolescentes consideran que las redes sociales dificultan su concentración y hace que disminuya notablemente el tiempo que dedican al estudio por lo que sus sensaciones con respecto al rendimiento o esfuerzo académico son, en general, malas.

Al abordar el autoconcepto emocional no hemos conseguido entender la relación encontrada en la parte cuantitativa. A pesar de que en el guión se plantearon situaciones y preguntas relacionadas con este los participantes intervenían en esas preguntas de una forma muy somera. La relación entre la adicción o el uso excesivo de las redes con la parte más emocional de los adolescentes sería conveniente trabajarla en futuras investigaciones.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Castells, M. (2004). *La era de la información: economía, sociedad y cultura* (Vol. 1). Siglo XXI.
- Escurrea Mayaute, M., & Salas Blas, E. (2014). *Construcción y validación del cuestionario de adicción a redes sociales (ARS)*. *Liberabit*, 20(1), 73-91.
- Fernández, F. A. (1996). *Las otras drogas: alimentos, sexos, televisión, compras, juego y trabajo*. *Temas de hoy*.
- García, F., & Musitu, G. (1999). AF5. *Autoconcepto forma*, 5.





- Harfuch, M. F. H., Murguía, M. P. P., Lever, J. P., & Andrade, D. Z. (2010). La adicción a Facebook relacionada con la baja autoestima, la depresión y la falta de habilidades sociales. *Psicología iberoamericana*, 18(1), 6-18.
- Mas D. M.D. (24 de abril de 2020). Adicciones tecnológicas: internet, móviles y redes sociales. Recuperado de: <https://www.isep.es/actualidad-psicologia-clinica>
- Murillo, A. C. G., & Puerta-Cortés, D. X. (2020). Relación entre el uso adictivo de Facebook y el autoconcepto en estudiantes colombianos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (59), 27-44.
- Robles, E. D. A. (2015). De la adicción a la adicción a internet. *Revista Psicológica Herediana*, 10(1-2), 47-47.
- Rosenberg, M. O. R. R. I. S. (1979). Society and the adolescent self-image: Conceiving the self. *New York: Basic Book, inc.*
- Soto, A., Miguel, N. D., & Díaz, V. P. (2018). Abordaje de adicciones a nuevas tecnologías: una propuesta de prevención en contexto escolar y tratamiento de rehabilitación. *Papeles del Psicólogo*, 39(2), 120-126.



## La soledad en pacientes hospitalizados y en personas mayores en residencias en el Área de Salud de Tudela

/ SEGUNDO PREMIO

**AUTORAS** | NEREA AZNÁREZ OCHOA, SANDRA LÓPEZ PINO  
Y LUCÍA VITAS CORNAGO

**COORDINADORA** | NATALIA MARÍA MARTÍNEZ MARZO

**CENTRO** | IES VALLE DEL EBRO, EN COLABORACIÓN CON EL  
HOSPITAL REINA SOFÍA DE TUDELA

**CIUDAD** | TUDELA-NAVARRA

### RESUMEN |

El propósito principal de este estudio es medir la soledad en pacientes hospitalizados y personas mayores de 65 años en residencias en el Área de Salud de Tudela y darlo a conocer, analizar los factores asociados a la soledad, relacionar la soledad con la depresión y sobre todo, concienciar a las nuevas generaciones sobre la situación de las personas mayores.

En la metodología, se emplearon tres cuestionarios mediante formato papel: un cuestionario sociodemográfico de elaboración propia, la escala de soledad UCLA revisada (RULS), que evalúa la soledad en poblaciones diversas a través de sus 20 ítems y la escala de depresión geriátrica de Yesavage (EDG) en su versión reducida de 15 ítems, para conocer el grado de depresión. Posteriormente se realizó un análisis estadístico de los resultados.

Los resultados del cuestionario sociodemográfico mostraron que predomina la participación de mujeres frente a hombres en actividades sociales y que, en general, no se sienten una carga para sus familiares. A través de la escala RULS se midió el estado de ánimo y se encontró una diferencia en la media de soledad entre los que se sienten animados (50,720) y los que se sienten desganados (53,333). Finalmente, el cuestionario de Yesavage confirmó que las personas que sienten más soledad padecen más depresión.

Como conclusión, la presente investigación ha aportado información sobre la situación de soledad de las personas mayores de 65 años. Se espera que en un futuro sirva para mejorar la situación de aquellas personas que perciban el sentimiento de soledad.

**Palabras clave:** Soledad; depresión; soledad social; soledad subjetiva; estado de ánimo.



### ABSTRACT |

The main purpose of this study is to measure the degree of loneliness in hospitalized patients and in people over 65 years of age in residences in the Health Service of Tudela and make it known, analyze the factors associated with loneliness, relate loneliness with depression and above all, raise awareness among new generations about the situation of elderly people.

In the methodology, three questionnaires were used using paper format: a self-elaborated sociodemographic questionnaire, the revised UCLA loneliness scale (RULS), which assesses loneliness in diverse populations through its 20 items and the Yesavage Geriatric Depression Scale (EDG) in its reduced version of 15 items, to determine the degree of depression. Afterwards, a statistical analysis of the results was carried out.

Results of the sociodemographic questionnaire showed that women participate more in social activities than men and people interviewed do not usually feel a burden for their relatives. Mood was measured using RULS scale and a difference in the mean of loneliness was found, between those who feel encouraged (50,720) and those who feel apathetic (53,333). Finally, the Yesavage questionnaire confirmed that people who feel more loneliness suffer from more depression.

In conclusion, this research has provided information about loneliness in people over 65 years of age. In the future, this study is expected to improve the situation of those people who perceive the feeling of loneliness.

**Keywords:** Loneliness; depression; social loneliness; subjective loneliness; mood/ state of mind.



## 1. JUSTIFICACIÓN

“La soledad se relaciona negativamente con la salud mental, aunque la dirección de la causalidad es difícil de determinar” (Heinrich., Gullone., 2006). La soledad es una experiencia inevitable para toda persona, como la gran mayoría pudo experimentar durante el periodo de aislamiento de marzo de 2020. Por ello, con esta investigación se pretende informar y dar a conocer los resultados tras un estudio sobre cómo afecta la soledad a los pacientes hospitalizados y a personas mayores de 65 años que viven en centros residenciales en el Área de Salud de Tudela (AST). A nivel personal, nos despierta un sentimiento afectivo por las personas mayores y nos motiva a dar a conocer la situación actual en el AST para mejorar la calidad de vida de los mismos. Además, nos resulta muy atractivo ya que es un tema que sí ha sido investigado, pero no del mismo modo, ni en el mismo lugar.

## 2. OBJETO DE ESTUDIO

El presente trabajo dará a conocer los resultados sobre cómo afecta la soledad a los pacientes hospitalizados y a las personas mayores de 65 años que se encuentran en las residencias de Cascante (Hogar Nuestra Señora del Rosario), Fustiñana (San Francisco Javier) y Tudela (Real Casa de Misericordia) en el AST, en la provincia de Navarra, tras haber realizado un estudio utilizando diferentes variables mediante tres cuestionarios.

### 3.1 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 3.1 OBJETIVOS

Los objetivos a conseguir en esta investigación son los siguientes:

1. Dar a conocer los resultados obtenidos en el estudio de la soledad en pacientes mayores de 65 años hospitalizados y en residencias en el AST.
2. Analizar los factores asociados a la soledad en personas mayores en residencia.
3. Medir el grado de soledad en una muestra del AST tanto en residencias como en hospitales.
4. Establecer una comparación entre los resultados obtenidos en las residencias y en el hospital.
5. Relacionar la soledad con la depresión de los pacientes mediante la escala de depresión geriátrica de Yesavage.
6. Concienciar a generaciones venideras de la situación en la que se encuentran nuestros mayores y darles la importancia merecida que tienen tras haber luchado por conseguir unas condiciones de las que gozamos la población de hoy en día.



### 3.2 HIPÓTESIS

Las hipótesis que se proponen en este estudio, en relación con los objetivos planteados, son las siguientes:

1. Como previsiones generales, se valora que entre el 40 y el 60% de pacientes hospitalizados y de personas mayores de 65 años en residencias del AST perciben el sentimiento de soledad, basándonos en el estudio realizado por Jürschik, P., Botigué, T., Nuin, C., & Lavedán, A. (O.1.)

2. Entre este grupo, también se adopta que serán las mujeres las más afectadas. Esto se cree ya que tal y como se refleja en la tabla 2 (Anexo 1), en la gran mayoría de los pueblos del AST casi más del doble de mujeres mayores de 65 años en comparación con los hombres viven solas y su esperanza de vida es mayor. (O.1.)

Además, basándonos en el estudio realizado por Jürschik et al., otras hipótesis planteadas son las siguientes:

3. “Las mujeres, aquellos que viven solos, los de bajo nivel educativo y los que tienen pocos amigos, presentan peor estado de ánimo” (Jürschik et al., 2013). Por esto, se cree que quienes hayan recibido peor educación académica y quienes menos participan en actividades sociales o de ocio padecerán este sentimiento. (O. 2.) (O.3.)

4. “En cuanto a antecedentes patológicos, los individuos con deterioro cognitivo, enfermedades de corazón, derrame cerebral, desnutrición y aquellos que declararon peor estado de salud, tenían más posibilidad de experimentar un peor estado de ánimo” (Jürschik et al., 2013). De acuerdo a la cita, se prevé que las personas de mayor edad, quienes hayan tenido peores condiciones laborales y quienes hayan padecido o padezcan alguna enfermedad como la depresión, serán más propensos a padecer soledad. (O.3.) (O.5.)

5. “Pacientes del centro de larga estancia y del servicio de medicina interna del hospital de agudos fueron los que presentaron peor estado de ánimo” (Jürschik et al., 2013). Teniendo en cuenta la cita anterior, se espera que sufrirán de soledad quienes tengan sentimiento de carga social y aquellos que lleven más tiempo ingresados o residiendo. Es por ello que, en relación al objetivo 4, se cree que los pacientes de las residencias padecerán mayor sentimiento de soledad. (O.2.) (O.4.)

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN

El primer paso a dar fue la realización del cuestionario sociodemográfico y la selección de cuestionarios validados más acordes al tema en cuestión. Consta de un cuestionario diferente para las personas residentes y para las personas hospitalizadas. En ambos se realizó el cuestionario sociodemográfico de elaboración propia de 17 y 16 ítems (aunque cambiando ciertas variables) y el de



UCLA con 20 ítems. Además, para la residencia se añadió la Escala de Depresión Geriátrica de Yesavage de 15 ítems.

El siguiente paso trata de determinar la muestra con la que se va a trabajar y pasar los cuestionarios en formato de papel. El escenario del hospital es más variante e incierto, debido a la entrada y salida de los pacientes, y por lo tanto no se pudo establecer una muestra concreta.

En cuanto a las residencias, los escenarios de actuación han dependido de las indicaciones y condiciones establecidas por los distintos centros. Se necesitaron informantes y no fue necesario aplicar los instrumentos en un determinado momento del día. En caso de dificultades materiales, la entrevista fue administrada por estos autores y las respuestas se marcaron en el cuestionario.

El periodo de recogida de datos fue entre abril y agosto de 2021 y se ha realizado en el hospital Reina Sofía de Tudela, Navarra, y en las residencias de Cascante, Fustiñana y Tudela. Se ha hecho lo posible para que el muestreo sea coherente con los datos obtenidos a través del Padrón, intentando que se aproxime al 50% de cada género.

El último paso consistió en el análisis estadístico de los datos obtenidos mediante el programa IBM SPSS en su versión 25.0 y la obtención de conclusiones. Una vez consolidado el estudio, se plantea ofrecer charlas de divulgación en el IES Valle del Ebro y en Ayuntamientos de las localidades de la zona.

#### 4.2. INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados para evaluar la soledad y depresión son:

*Cuestionario sociodemográfico:* cuestionario de elaboración propia para medir la soledad social, que incluye los siguientes ítems: Edad, sexo, nivel de estudios, padecer enfermedades, actividad física, visitas al centro de salud, participación en actividades sociales, acudir a misa, tener familia, tener amigos, cantidad de visitas a la residencia, trato del personal de la residencia, motivo por el cual está residiendo, tiempo en la residencia, tiempo ingresado en el hospital, estado de ánimo, sentimiento de carga para los familiares.

*Escala de soledad UCLA revisada.* (Morejón., García-Bóveda., 1994). RULS. Fiabilidad y validez de una versión española. Revista de Psicología de la Salud, 6(1), 45-54. Se trata de una escala de 20 ítems diseñada para evaluar la soledad emocional o percibida en poblaciones diversas. Según la frecuencia con que se experimenten las vivencias descritas en cada uno de los ítems se contesta en una escala de 1 a 4 (correspondiente a frecuentemente, algunas veces, raras veces y nunca, respectivamente). El rango de puntuaciones va de 20 a 80, correspondiendo una mayor puntuación con un mayor grado de soledad.



*Depresión. Escala de Depresión Geriátrica (EDG) de Yesavage,* versión reducida de 15 ítems (Yesavage et al., 1982). Se valora de esta forma: 0-5: Normal; 6-9: Depresión leve; >10: Depresión establecida.

#### 5. RESULTADOS

Tras la realización de los cuestionarios en las distintas residencias del AST, se obtuvo una muestra definitiva de 38 participantes. De ellos, 15 fueron hombres (39,47%) y el resto, 23, mujeres (60,53%). 16 de ellos residían en Tudela (42,11%), 10 en Fustiñana (26,32%) y 12 en Cascante (31,58%). La gran mayoría de ellos recibieron educación hasta la enseñanza obligatoria, 32, (84,21%), siendo 20 mujeres (52,63%) y 12 hombres (31,58%). Solo un hombre (2,63%) y una mujer (2,63%), recibieron estudios intermedios. Tanto dos hombres (5,26%) como dos mujeres (5,26%) realizaron estudios superiores. El número de años de media que llevan residiendo los participantes es de 3,72 años ( $DT= 42,84; \pm 14,09$ ). Este número en hombres asciende hasta 5,23 años de media ( $DT= 54,18; \pm 30,01$ ) y en mujeres, desciende hasta 2,73 años ( $DT= 29,07; \pm 12,57$ ).

Los resultados del test sociodemográfico se recogen en la tabla 3 (Anexo 1). Entre ellos, se destaca la salud de los participantes, 21 de ellos no padecen enfermedades actualmente agudas (55,26%), correspondiendo a 7 hombres (18,42%) y 14 mujeres (36,84%). 13 afirmaron padecer enfermedades en ese momento, 6 hombres (15,79%) y 7 mujeres (18,42%). Además, dos hombres (5,26%) y dos mujeres (5,26%) confirmaron haber padecido recientemente alguna enfermedad en estado agudo. 25 participantes calificaron su salud entre buena y excelente y 13 personas (34,21%) la calificaron como justa o pobre.

Teniendo en cuenta los ítems que están relacionados con la evaluación de la soledad social u objetiva (tabla 4, Anexo 1), el 44,73% de los residentes participan con mucha frecuencia en actividades sociales, siendo la gran mayoría mujeres (36,84%) frente al (7,89%) de hombres. La gran mayoría, en un 92,11%, tiene familia, y el 84,21% indica tener amigos. De todos ellos, el 73,68% no se sienten una carga para estas personas cercanas y solo una persona (2,63%) sí lo siente. Se puede observar que la mayoría de los residentes reciben visitas, ya que un 21,05% tienen visita todos los días, frente al 15,79% que no tiene nunca. El 100% está satisfecho con el trato personal de la residencia, siendo calificado como muy bueno o bueno. De todos ellos, 26 personas (70,27%) están residiendo a causa de su propia decisión, y el resto (29,73%) lo hacen por decisión de sus familiares.

Los resultados en RULS para la medida de la soledad, fueron 51,11 ( $DT= 5,491; \pm 1,81$ ) de media para la muestra. Los hombres obtienen un resultado de 51,33 ( $DT= 7,669; \pm 4,246$ ) y las mujeres 50,957 ( $DT= 3,637; \pm 1,573$ ). La totalidad de los resultados de RULS se muestra en las tablas 5 y 6 (Anexo 1).



Los resultados en Yesavage para la medida de la depresión fueron 3,54 ( $DT= 3,25 \pm 1,08$ ) de media para la muestra. Los hombres obtienen un resultado de 3,21 ( $DT= 3,68 \pm 2,12$ ) y las mujeres 3,74 ( $DT= 3,03 \pm 1,31$ ). Los resultados de depresión entre hombres y mujeres son similares, aunque es mayor la de éstas. Se observa que sufren más grado de depresión aquellas personas que sólo cursaron hasta la enseñanza obligatoria, aunque su media es baja, (3,87;  $DT= 3,43 \pm 1,26$ ) lo que se considera como normal. Además, los residentes que autoevalúan su salud como excelente o muy buena solo tienen 1 punto de media en el test, a diferencia de los que dicen tenerla buena o justa, que rondan los 4 puntos, y los que la evalúan como pobre, que están por encima de los 6 puntos. Por otra parte, las personas que acuden a misa padecen menos depresión (3,10;  $DT= 2,86 \pm 1,04$ ) que los que no lo hacen (5,83;  $DT= 4,45 \pm 4,67$ ), al igual que los que no tienen familia (5,67;  $DT= 4,04 \pm 10,04$ ) ni amigos (6,83;  $DT= 3,54 \pm 3,72$ ).

Se buscaron diferencias estadísticamente significativas entre el sexo y los resultados obtenidos en RULS. Para ello, se realizó la prueba de U de Mann-Whitney, en la que se obtuvo una significación exacta de 0,535, por lo que no existe relación alguna. También se analizó la relación entre el sexo y Yesavage utilizando la misma prueba. No existe relación ya que la significación es de 0,377.

Para comprobar si existe una correlación entre los estudios y la soledad, se utilizó la prueba de Spearman cuyo resultado fue negativo.

Para evaluar si existe alguna relación entre la soledad y las distintas variables sociodemográficas que son: edad, sexo, estudios, enfermedades, actividad física, participación social, número de visitas, motivo por el cual se está residiendo, estado de ánimo y tiempo residiendo, se realizó la prueba de U de Mann-Whitney cuyos resultados fueron todos negativos, excepto en la variable del estado de ánimo y la decisión por la cual se está residiendo, que fueron positivas. En el caso concreto de padecer enfermedades se han establecido dos grupos: aquellos que padecen y han padecido recientemente enfermedades conformaron un grupo, y los que no han padecido nunca, el otro grupo.

Se evaluó la asociación entre la edad y los resultados de soledad utilizando una prueba de correlación de Spearman, que finalmente no ofreció significación estadística. Complementariamente, se dividió la muestra en subgrupos de participantes que llevaban hasta 1 año en residencia, y después hasta 2 años, para comparar los resultados con el resto mediante sendas pruebas U de Mann-Whitney, pero no se obtuvo tampoco significación estadística.

Siguiendo con la evaluación de la edad relacionada con la soledad, se buscó su asociación con la prueba de Spearman. Como resultado, se obtuvo una significación de 0,010 y una correlación de 0,420 de signo positivo, y por lo tanto, de fuerza moderada, confirmando así la existencia de dicha correlación.



Del mismo modo, para evaluar la edad frente a la depresión, se realizó de nuevo la prueba de correlación de Spearman entre las variables de edad y depresión medida en Yesavage, pero no se obtuvo significación estadística. Al comparar las edades media de los participantes sin depresión y aquellos que tienen depresión establecida, mediante U de Mann-Whitney, no existieron diferencias estadísticamente significativas.

Para analizar la influencia de algunas de las variables en la soledad, se aplicó un modelo de regresión lineal donde la variable dependiente es la soledad y las independientes son la depresión, el tiempo residiendo, padecer enfermedades, la edad, las visitas al centro de salud, el motivo por el cual se está residiendo, la actividad física, el estado de ánimo y la educación. Se obtuvo un coeficiente de determinación de 0,372, el cual indica que las variables consideradas como influyentes explican el 37,2% de la variabilidad en los resultados de la soledad medida en RULS. Las variables que más influyen son padecer enfermedades (49,4%) y la educación (-46,6%), y además, son las que obtienen una significación estadística menor que 0,05. El resto de variables fueron eliminadas y se repitió el modelo con estas dos variables. El coeficiente de determinación resultó ser 0,170. La validez de este modelo se comprobó con ANOVA y se obtuvo una significación de 0,038.

Finalmente, se buscaron asociaciones entre el padecimiento de soledad y depresión a través de la prueba Anova. Como indican las tablas 7 y 8 del Anexo 1, se puede afirmar que aquellos que sienten más soledad padecen más depresión, ya que se obtiene una diferencia estadística significativa de 0,02. Para confirmar con mayor exactitud dicha asociación, se realizó la prueba de Tukey, en la que  $p < 0,5$  (Tabla 9, Anexo 1). En conclusión, las personas con una alta soledad son las que tienen datos de depresión más elevados, que es un resultado significativo, respecto a los otros dos grupos, con soledad media y baja.

## 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Tras la obtención de datos de este estudio se han obtenido datos interesantes e inesperados. Evaluando los resultados del cuestionario sociodemográfico, es interesante que el 55,26% de las personas entrevistadas no suele participar en actividades sociales, siendo la mayoría hombres (34,29%), por lo que las mujeres tienen más tendencia a participar en ellas. Por otra parte, cabe destacar que la gran mayoría, el 92,11%, tiene familia, y el 84,21%, amigos. De todos ellos, el 73,68% no se sienten una carga para estas personas cercanas, y solo una persona (2,63%) sí lo siente. Se cree que esto es debido a que se encuentran alojados en una residencia y no dependen directamente de sus familiares. También acentuar que de todos ellos, 26 personas (70,27%) están residiendo a causa de su propia decisión, y el resto (29,73%) lo hacen por decisión de sus familiares. Estos datos indican baja soledad social y hacen deducir que no deberían sentir gran sentimiento de soledad.



Por otra parte, analizando los resultados en RULS, un dato muy llamativo es que aquellos residentes que autoevalúan su salud como excelente tienen una media de 54,8, en comparación a los que la autoevalúan como pobre, cuya media es 50,600. Sin embargo, en cuanto al estado de ánimo, hay una diferencia en la media entre los que se sienten animados (50,720) y los que se sienten desganados (53,333) y aquellas personas que dicen tener enfermedades también tienen una media mayor. Es sorprendente que el tener amigos y familia y el residir por decisión propia no influya (y por tanto no haya significancia estadística) con respecto al nivel de su soledad y que cuanto más participan en actividades sociales mayor es su media en el test.

Por último, en relación a la depresión medida con Yesavage, a pesar de no encontrar significancia estadística, las variables concuerdan con lo esperado en depresión, no así en soledad. Un dato fundamental es que las personas con una alta soledad son las que tienen datos de depresión más elevados.

A continuación, se procede a hacer una comparación entre los resultados del presente estudio y los de otros semejantes.

La puntuación media en el test de UCLA de los participantes es de 51,11 ( $DT=5,491 \pm 1,81$ ) sobre 80, lo que supone que en general padecen una soledad media. Esto quiere decir que sienten y tienen una soledad establecida pero no demasiado persistente, no se podría definir como tal.

En el estudio de Elsayed et al. (2009), un 86% reconoció tener un leve sentimiento de soledad, medido con el cuestionario UCLA y hasta un 56% una depresión leve, medido con Yesavage. En comparación a esta investigación, sólo el 23,68% del presente estudio padecen un sentimiento de soledad bajo y sólo el 13,51% una depresión leve.

Nuestro estudio revela que las personas con mayor nivel de estudios tienen menor puntuación media, 46,75 ( $DT=2,217 \pm 3,528$ ) en UCLA, que las personas sin estudios, es decir, existe una relación significativa, a diferencia del trabajo Espirito-Santo y Daniel (2018) que demuestra que el análisis de correlación entre las variables sociodemográficas y de estudios no obtuvo relaciones significativas ( $p > .05$ ).

El estudio de Jürschik et al. (2013) es un estudio similar a este, en el que utilizaron una muestra total de 398 sujetos y los participantes tenían una media de edad de 77 años. Casi la mitad de los individuos presentaban un nivel de educación bajo, el 15% vivía solo y el 33% tenían menos de tres amigos. La prevalencia de estado de ánimo negativo fue de 52,3%, siendo la proporción entre hombres y mujeres similares, lo que coincide con el estudio realizado.

De los resultados de dicho estudio se puede extraer que las mujeres, aquellas personas que viven solas, las de bajo nivel educativo y las que tienen pocas



relaciones de amistad, presentan mayor soledad. Además de que las mujeres presentan peor estado de ánimo en edades más avanzadas. Adicionalmente, aquellos que declararon peor estado de salud experimentaron peor estado de ánimo. En nuestro trabajo estos resultados no son significativos, probablemente debido a causas culturales, al paso del tiempo, al número de participantes en la muestra, o a la diferencia de edades en ambas muestras.

En los resultados obtenidos en este estudio se aprecia que la gran mayoría de los participantes (78,38%) padecen una depresión normal, de 2,69 de media ( $DT=1,646 \pm 0,626$ ) en el test de Yesavage y en general la media es de 3,54 ( $DT=3,254 \pm 1,08$ ). Sin embargo, en un estudio realizado en ancianos coreanos y japoneses, Kim et al. (2009), los resultados fueron realmente significativos: “La incidencia de síntomas depresivos fue mayor que la tasa del 41,7% entre los ancianos japoneses ( $\chi^2 = 10,80, p = .00$ )”. Kim et al. (2009). También demostraron que su autopercepción de la salud y su soledad eran predictores significativos para su depresión, a diferencia de los mayores del AST.

En esta investigación, se puede apreciar que las personas que padecen enfermedades junto con las mujeres, padecen más depresión que aquellas que no las padecen y que los hombres, aunque no se trata de una diferencia significativa. Sin embargo, el trabajo de Abd-Allah et al. (2018) ha demostrado que el sexo, la edad y el hecho de padecer enfermedades afectan significativamente a su nivel de depresión ( $p = 0,004, 0,000$  y  $0,000$  respectivamente).

En otras investigaciones en las cuales realizan los mismos cuestionarios que en este estudio, se demostró que la soledad está directamente relacionada con la depresión de los participantes y la depresión que padecen, a su vez con su soledad (Aylaz et al., 2012), al igual que en este estudio.

## 7. LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Una de las más importantes limitaciones ha sido la escasez de cuestionarios recibidos por parte del hospital Reina Sofía de Tudela debido al periodo de crisis sanitaria, durante el cual había restricciones para prevenir la COVID-19. Algunos de los pacientes rechazaron participar en la investigación por miedo al contagio. Se cree que si no fuera por la pandemia patente durante la realización del proyecto, las negativas habrían sido menores y se podría haber estudiado la soledad de las personas mayores en hospitales.

## 8. CONCLUSIONES

Respecto a las hipótesis planteadas en el principio de la investigación, la primera queda confirmada en el estudio en residencias debido a que la media es de 51,11 en RULS y queda dentro del rango establecido en el trabajo. Teniendo en



cuenta los rangos para clasificar el nivel de soledad, la suma de los porcentajes de la soledad media y alta asciende a un 76,31%, que supera el límite superior de la primera hipótesis. En cualquier caso se considera que este resultado, a pesar de ser mayor que el planteado, apoya dicha hipótesis.

Por otra parte, la segunda hipótesis quedaría rechazada ya que la variable del sexo no ha mostrado significancia estadística con respecto a la soledad, por lo tanto las mujeres del AST no son las más afectadas.

Al evaluarse de manera separada las variables en la tercera, cuarta y quinta hipótesis, se demuestra que sólo el padecer enfermedades y el nivel educativo afectan significativamente a la soledad de los residentes. Por contra, las actividades sociales y de ocio, el tener o no amigos, la edad, la carga social y el tiempo residiendo no afectan al nivel de soledad en el AST. La variable de vivir sólo y las condiciones laborales no han sido evaluadas en nuestra estadística.

De la cuarta hipótesis se resalta que la depresión (categorizada como enfermedad) medida con Yesavage afecta directamente al nivel de soledad de los participantes.

Se estima que las diferencias percibidas entre este estudio realizado en el AST y los estudios anteriores en los que se ha basado este trabajo pueden ser debidas a causas culturales, el paso del tiempo, el número de participantes en la muestra, la diferencia de edades en ambas muestras, etc. Se plantearía realizar el mismo estudio de aquí a unos años con los mismos criterios de inclusión y se estima que a lo largo del tiempo, estos resultados puedan ir cambiando.



## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Abd-Allah, E., Hana, E., & Metwally, S. (2018). LONELINESS AND DEPRESSION AMONG INSTITUTIONALIZED AND NON-INSTITUTIONALIZED ELDERLS COMPARATIVE STUDY. *Mansoura Nursing Journal*, 5(1), 145-154.
- Espirito-Santo, H., & Daniel, F. (2018). Optimism and well-being among institutionalized older adults.
- Heinrich, L. M., & Gullone, E. (2006). The clinical significance of loneliness: A literature review. *Clinical psychology review*, 26(6), 695-718.
- Jürschik, P., Botigué, T., Nuin, C., & Lavedán, A. (2013). Estado de ánimo caracterizado por soledad y tristeza: factores relacionados en personas mayores. *Gerokomos*, 24(1), 14-17.
- Morejón, A. J. V., & García-Bóveda, R. J. (1994). RULS: Escala de soledad UCLA revisada. Fiabilidad y validez de una versión española. *Revista de Psicología de la Salud*, 6(1), 45-54.
- Kim, O., Byeon, Y. S., Kim, J. H., Endo, E., Akahoshi, M., & Ogasawara, H. (2009). Loneliness, depression and health status of the institutionalized elderly in Korea and Japan. *Asian nursing research*, 3(2), 63-70.
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., & Leirer, V. O. (1982). Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *Journal of psychiatric research*, 17(1), 37-49.

## ANEXOS: TABLAS Y CUESTIONARIOS





## Las trayectorias profesionales de las mujeres en la ciencia: valoración, autoconfianza y ambición profesional

/ TERCER PREMIO

**AUTORA** | MARÍA AZCONA SANGÜESA

**COORDINADORA** | SILVIA RODRÍGUEZ DIEZ

**CENTRO** | IES VALLE DEL EBRO

**CIUDAD** | TUDELA-NAVARRA

### RESUMEN |

El mundo científico sigue proyectando una cara masculina. Cada vez son más las mujeres que, atraídas por la ciencia, optan por realizar carreras de esta tipología superando los estereotipos culturales y roles sociales de género. No obstante, se está lejos de alcanzar una paridad equitativa en el ámbito científico. El sesgo de género sigue vigente y los puestos de responsabilidad siguen siendo mayormente copados por el sexo masculino.

En este contexto se ha diseñado esta investigación acotada a la zona de la Ribera de Tudela con el objetivo de evaluar la trayectoria profesional de las mujeres científicas e identificar las barreras externas e internas que han dificultado su desarrollo. Para este fin, se ha utilizado un instrumento inédito en España, un cuestionario ad hoc de 40 ítems de tipo multidimensional, on-line y en papel, recabando información entre febrero y agosto de 2020, registrada con el programa informático SPSS. Esta encuesta se dirigió a profesionales científicos de ambos sexos en la zona a estudiar.

La muestra fue finalmente de 100 participantes y se confirmó la existencia de una diferente representación de sexos en las distintas áreas de conocimiento, predominando las mujeres en el ámbito de las Ciencias de la Vida y los hombres en Ingenierías. Además, se concluyó que las mujeres invierten menos tiempo en titular; que estudiar ciencias asegura una rápida inserción en el mercado laboral, y que al pensar en su trabajo ideal las mujeres valoran mayormente aspectos que les proporcionen estabilidad y facilidad en la conciliación familiar.



### ABSTRACT |

The scientific world continues to project a male face. More and more women, attracted by science, chose to pursue careers of this type, overcoming cultural stereotypes and social gender roles. However, equitable parity in science is far from being achieved. Gender bias is still prevalent and positions of responsibility, among others, remain largely male-dominated.

In this context, this research, confined to the Ribera of Tudela area, has been designed with the aim of evaluating the professional trajectory of women scientists and identifying the external and internal barriers that have hindered their development. For this purpose, an unprecedented instrument in Spain, has been used: an ad hoc questionnaire of 40 items of multidimensional type, on-line and in paper, through which information has been collected between February and August 2020, being registered with the SPSS software. This survey was aimed at scientific professionals of both sexes in the area to be studied.

The sample was finally of 100 participants and confirmed the existence of a dissimilar gender representation in the different areas of knowledge, predominating women in scientific fields and men in engineering. In addition, it was concluded that women take less time to graduate; the fact that studying science ensures a rapid insertion into the labour market, and when thinking about their ideal work; women value mostly aspects that provide them with stability and ease in the family reconciliation.





## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la mujer ha ido conquistando terrenos que le estaban vedados, como el acceso a las universidades o trabajar fuera de casa. Sin embargo, todavía queda mucho camino por recorrer para que mujeres y hombres compartan unas mismas condiciones. Los estereotipos culturales y la escasa conciliación familiar, entre otros, hacen que el sesgo de género siga vigente hoy en día. Es necesario investigar por qué se mantienen estas brechas que obstaculizan las trayectorias profesionales de las mujeres, concretamente en la ciencia. Identificar el problema y las causas que lo originan.

Se han realizado varios estudios en EEUU sobre este tema, pero no así en España. Es necesario hacerlos porque solo un acertado diagnóstico permitiría abordar el problema, para acabar con prejuicios, denunciar injusticias y adaptar medidas sociales desde todos los ámbitos particulares e institucionales, que impidan la no paridad de mujeres y hombres científicos.

Esta investigación acotada a la Ribera de Navarra, ofrece un enfoque novedoso, no pretende limitarse a cuantificar la presencia de mujeres en la ciencia, lo cual sería un objeto de estudio estático, sino que busca evaluar su evolución vital analizando la trayectoria profesional de dichas mujeres, experiencias e impresiones, incluyendo los obstáculos que las delimitan.

Es reseñable su metodología diseñando un cuestionario tomando como referencia los dos cuestionarios que sistemáticamente la administración de los EEUU aplica para conocer este tema desde hace décadas, y se plantea su adaptación al entorno cultural y al idioma español, junto con su proceso de validación psicométrica.

## 2. OBJETO DE ESTUDIO

Este trabajo propone una investigación sobre las trayectorias profesionales de las mujeres científicas, con una población diana constituida por profesionales del entorno (hombres y mujeres científicos en la Ribera navarra, con edades comprendidas entre 25-69 años), para identificar las causas que actualmente dificultan estas trayectorias de las mujeres científicas. Para ello, se analizan diferentes variables que pueden agruparse en cuatro categorías: datos académicos, datos profesionales, datos personales y circunstancias específicas.

## 3. ANTECEDENTES

### 3.1. DEFINICIONES OPERACIONALES

- Trayectoria profesional: Es la ruta de un individuo desde el inicio hasta el final de su preparación académica, la entrada y recorrido en el mercado laboral



destacando logros profesionales, publicaciones y títulos honoríficos.

- Conciliación familiar: tiempo y esfuerzo destinados a las tareas de mantenimiento del hogar y a sus miembros, hijos o mayores y personas dependientes.
- Barreras de género: A) Externas. Son todas aquellas relacionadas con el entorno en el que se desenvuelve la mujer. (barreras familiares (Cleveland et al. 2000), barreras sociales (Cusack y Cook, 2009), barreras laborales (Anker, 1998) y B) Internas: son las que tienen que ver con toda una serie de factores personales internos, invisibles (Ibarra, Ely y Kolb, 2013); interiorizados a partir de determinadas construcciones sociales del género, consciente o inconscientemente, y que afectan sobre la toma de decisiones y las elecciones profesionales.

### 3.2. CONTEXTUALIZACIÓN

Cada dos años el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades publica el informe «Científicas en Cifras», siendo la última actualización disponible hasta la fecha la de 2017 (MICIU, 2018). El dato más llamativo fue que la proporción de mujeres en el conjunto del personal investigador en España (a jornada completa) no ha mejorado en los últimos 10 años, manteniéndose en el 39% en 2017. Destaca que el 79% de las cátedras en universidades e instituciones públicas y privadas están ocupadas por hombres. La brecha se amplía en los órganos de gobierno. Por contra, la proporción de mujeres siempre es mayor en todas las etapas de alumnado hasta la obtención del título de doctor, incluido.

En el último informe sobre la situación de la mujer en el CSIC (2019) que publica este organismo anualmente, la proporción de mujeres en la categoría de Profesores de Investigación era un 26,1%; mientras que el índice del techo de cristal general mantiene la tendencia descendente de los últimos años situándose en un valor de 1,37 para 2018, por debajo de los correspondientes valores medios europeo y español. Es preocupante, la forma de tijeras que adopta la gráfica de evolución en el personal investigador.

En Navarra, las proporciones siguen estas mismas tendencias. Según el último informe publicado por el Instituto Navarro para la Igualdad en 2017: se observan más alumnas universitarias que alumnos en todas las etapas, sobrerrepresentadas en los grados de Ciencias de la Salud (79,5% del alumnado total) e infrarrepresentadas en las de Ingeniería y Arquitectura (25%), y la proporción de mujeres entre el personal docente investigador es aproximadamente 1-1,5 puntos inferior a la media española.

### 3.3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Desde finales de la década de 1990 han proliferado los estudios sobre las mujeres en la ciencia y, prácticamente al mismo tiempo, los informes publicados desde agencias gubernamentales.



En los años 80, los estudios que abordaban este tema se centraban mayoritariamente en la cuestión de por qué las mujeres no elegían estudios de ciencia e ingeniería y buscaban los factores explicativos que determinaban estas decisiones. Estas investigaciones analizaban factores como la influencia de los profesores, familiares y amigos, la pervivencia de estereotipos o la falta de referentes. En esta primera fase se había asumido que si no había más mujeres en la ciencia se debía principalmente a que estas no querían entrar a formar parte de ella, es decir, el modelo establecido era el de déficit de las mujeres.

Fue en 1983 cuando un trabajo de Berryman cambió el paradigma y asentó el que ha sido hasta la actualidad el modelo empleado, la teoría del 'pipeline', ('leaky pipeline'). Este modelo ponía el acento en cómo se enseña la ciencia y cómo se organizan los empleos científicos y tecnológicos, siguiendo básicamente modelos masculinos, a los que las mujeres científicas se ven obligadas a adaptarse de querer persistir y subsistir en el sistema.

A partir de la década del 2000 comenzó a desarrollarse esta perspectiva de carreras profesionales (Xie y Shauman, 2003) o 'life course' (Castaño Collado y Webster, 2011), que permitía profundizar en el conocimiento de las normas, valores y estándares implícitos en la ciencia, los efectos derivados de la organización del trabajo y cómo estos factores difieren según se trate de hombres y mujeres (Bailyn, 2003; Castaño y Webster, 2011).

#### 4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

El principal objetivo de esta investigación consiste en diseñar un instrumento adecuado para poder evaluar la trayectoria profesional de las mujeres científicas y que tenga en cuenta aspectos tanto externos (barreras externas) como internos (barreras internas). Esta constituye, por tanto, la hipótesis de partida, mediante la elaboración de un cuestionario adaptado de dos escalas de referencia.

Los objetivos secundarios que se propone esta investigación:

1. Realizar una comparativa entre hombres y mujeres respecto a su trayectoria profesional en el ámbito de las ciencias, se prevé que puedan advertirse en estos aspectos: a) Predominio de mujeres en el ámbito de las Ciencias de la Vida y de los hombres en las Ingenierías. b) Diferencias salariales en el primer empleo obtenido y en el primero relacionado con su área de especialización: c. Cargos superiores en la escala laboral jerárquica ocupados en su mayoría por varones (segregación vertical y 'sticky floor').

2. Evaluar la influencia de determinadas barreras, internas y externas, en el desarrollo de las trayectorias profesionales de las mujeres: a) Factores relacionados con la conciliación familiar. Como hipótesis se establece que el cuidado de hijos y de personas dependientes será el factor principal subyacente. b) Toma de deci-



siones: la hipótesis que se plantea es que los factores externos tendrán una mayor incidencia que los internos.

3. Analizar la situación laboral dentro de las ciencias. Se estima que el capital humano aportado por estos trabajadores les garantiza a ambos sexos unos elevados índices de empleo.

4. Conocer la valoración del trabajo desempeñado y los intereses y motivaciones personales. Se cree que no existirá diferencias entre hombres y mujeres sobre esta cuestión.

#### 5. METODOLOGÍA

Estudio descriptivo, longitudinal y prospectivo de duración limitada, entre los meses de febrero y agosto de 2020, ambos incluidos. Se recaban, mediante, un cuestionario ad hoc en versión digital (con acceso cifrado mediante clave) y en papel; distribuido en diversos sectores científicos de población comprendidos entre 25 y 69 años, pertenecientes a ambos sexos, en la zona de la Ribera tudelana de Navarra.

1. Participantes: Personas mayores de edad, con estudios universitarios (mínimo Grado o Licenciatura) en carreras de ciencias e ingenierías, que trabajen actualmente o lo hayan hecho en el entorno geográfico de la Ribera tudelana y que hayan dado su consentimiento informado para participar en el estudio.

2. Instrumentos: se buscó inicialmente un cuestionario ya diseñado, disponible, validado y aplicable, con versión en castellano, pero no existía. Tras un análisis bibliográfico, se consideró dos cuestionarios de referencia procedentes de EEUU: la Survey of Doctorate Recipients, SDR (NSF, 1997), y la Survey of Earned Doctorates, SED (NSF, 1998); ambos elaborados por la National Research Council. Se procedió a la elaboración de un cuestionario propio que en una fase posterior sería validado estadísticamente.

3. Aplicación: para el presente estudio se adoptarán dos estrategias complementarias: A) Autocumplimentación por el participante mediante cuestionario online con acceso cifrado bajo contraseña. Las respuestas quedan guardadas automáticamente en una base de datos exportable. B) Entrevista personal al participante por el miembro del equipo de trabajo implicado en la investigación. Las respuestas se registran en papel.

4. Variables y análisis estadístico: La variable independiente en este estudio será el sexo (variable de tipo categórico, dicotómica y nominal por la escala de medida utilizada). Las principales variables dependientes serán la duración en años de los estudios realizados, el área de conocimiento, el tipo y naturaleza del centro de estudio, los empleos ejercidos desde la finalización de los estudios, el nivel salarial, los intereses relacionados con las decisiones sobre el trabajo, la relación entre los estudios obtenidos y el trabajo actual desempeñado, situación marital, hijos/as, fuentes de financiación recibidas durante el período de estudios superiores.



Las variables categóricas se expresaron en distribuciones de frecuencia y en porcentajes, y fueron comparadas mediante pruebas de chi-cuadrado. En las que se obtuvo una diferencia con significación, se aplicaron pruebas de odds ratio. Las variables numéricas se expresaron como media y desvío estándar, y fueron comparadas mediante pruebas T para muestras independientes; su significación se adoptó mediante pruebas previas de Levene en cada caso para estimar la igualdad de varianzas. Los datos fueron procesados mediante la utilización del programa IBM SPSS Statistics en su versión 25.0.

## 6. VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO

En el análisis de la fiabilidad y validez, se obtuvieron unos resultados pre-post test en alfa de Cronbach cercanos a 0,8, por lo que el instrumento no requiere reestructuración. Se ha aplicado un modelo de dos factores con efectos mixtos y pruebas de medida de adecuación muestral KMO así como la prueba de esfericidad de Bartlett ( $p < 0,05$ ) para el ítem C11 y el C12 separada y conjuntamente. Se ha tenido, además, en cuenta el índice de homogeneidad corregido.

## 7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La muestra de esta investigación recoge a 100 encuestados de nacionalidad española, excepto 2 extranjeros, con una media de edad de 41 años, más de la mitad de ellos casados y con una media de 1,15 hijos, que trabajan en Tudela y de forma minoritaria en Zaragoza y Pamplona.

Analizando los datos observamos que hay significación estadística al comparar los resultados entre hombres y mujeres con los estudios realizados y su área de conocimiento. Se constata que el área de conocimiento predominante en las mujeres científicas en la Ribera tudelana es el de ciencias de la vida (86,6%), siguiendo muy de lejos las ingenierías y las matemáticas (ambas con un 6%). El sexo masculino, por el contrario, se reparte entre ciencias de la vida (48,1%), ingenierías (44,4 %) y matemáticas (7,4 %) la segregación horizontal, que como en España, afecta también a esta zona geográfica.

Apreciamos una diferencia en los años que emplean hombres y mujeres en titular. Los varones invierten una media de 7 años mientras que las féminas la rebajan hasta el 5,18. Según el informe de la Fundación CYD 2018 que recoge la situación de las Universidades Españolas las mujeres tienen mejores resultados académicos. Así el porcentaje de graduados en 4 años es del 41,2 % mujeres frente al 23,7 % de hombres.

En esta investigación vemos que el género no tiene ninguna incidencia en los años transcurridos para acceder al primer puesto de trabajo remunerado. Hombres y mujeres invierten una media de 0,52 años. Tampoco influye en el tiempo



empleado hasta encontrar su primer trabajo acorde a su preparación académica. En contraposición el área de conocimiento tiene un peso o influencia del 26% en los años transcurridos hasta encontrar el primer empleo.

Referente a la situación laboral, ambos sexos utilizan mayoritariamente el contrato a tiempo completo, aunque son las féminas las que hacen un uso mayor del trabajo a tiempo parcial (23,9 %) respecto al sexo masculino (7,4%). Según el informe del INE 2020 en España el sector de población con un hijo muestra que el 26,2% de las mujeres trabajan a tiempo parcial frente al 5,3% de los hombres y en la UE se incrementa en el caso de las féminas hasta el 29,7% y en el de los varones disminuye hasta 5,1.

En el trabajo actual los aspectos que mayor satisfacción proporcionan para ambos géneros son, la contribución a la sociedad, seguido de la localización en el trabajo y el grado de independencia. Con referencia al trabajo ideal, elementos como la seguridad laboral, la localización en el empleo y la contribución a la sociedad son los más valorados por ambos sexos. Sin embargo, el salario es el menos valorado especialmente por las mujeres a diferencia de los hombres que le dan más importancia.

No se aprecia diferencias de remuneración entre hombres y mujeres, quizás se deba a que la mayor parte de los informadores pertenece al sector público donde las diferencias retributivas disminuyen o desaparecen. En contraposición, en el conjunto de la Unión Europea, las mujeres cobran por término medio un 14,1% menos que los hombres, según los últimos datos publicados por la Comisión europea, en noviembre de 2020.

## 8. CONCLUSIONES

Se ha conseguido el objetivo principal de esta investigación consistente en diseñar un instrumento, que en este caso ha sido un cuestionario adaptado de dos escalas de referencia, que nos ha permitido realizar en la Ribera tudelana la evaluación de la trayectoria profesional de las mujeres científicas y los factores externos e internos que han influido en ella. En base a esta herramienta, hemos podido confirmar nuestra hipótesis de la existencia de una diferencia en la representación de sexos en las distintas áreas de conocimiento, predominando las mujeres en el ámbito de las Ciencias de la Vida y los hombres en las Ingenierías.

Deducimos que esta zona geográfica no escapa a la segregación horizontal de género derivada de estereotipos culturales y educacionales. El contexto familiar y social en el que crecemos con mensajes y estímulos diferenciados por género, contribuyen a que desde edades muy tempranas forjemos conceptos subyacentes sobre las capacidades y roles a desempeñar de hombres y mujeres. Aunque la ciencia ha demostrado que el cerebro humano no distingue la



capacidad científica por género, se sigue aceptando como cierto que el sexo femenino tiene mayor capacidad para desarrollar las competencias verbales y las habilidades sociales en detrimento de “las ciencias”.

Otro elemento relevante que se suma a estos roles sociales de género son la falta de referentes femeninos en el mundo científico en los que inspirarse y su escasa visibilización. A lo largo de la historia mujeres han hecho descubrimientos y contribuciones extraordinarias a la ciencia, pero la gran mayoría de ellas han quedado a la sombra de sus jefes de equipo, compañeros, hermanos o maridos quienes en su lugar obtuvieron el reconocimiento. Los libros de texto están repletos de ilustres varones y escasas féminas. Estos factores influyen en la elección de sus estudios y deriva en esta diferente representación de las mujeres en las distintas áreas de conocimiento también en la Ribera tudelana.

Referente a que las mujeres puedan recibir de media salarios inferiores a los hombres nuestro estudio no ha podido confirmar tales diferencias. La mayor parte de los encuestados pertenecen al sector público, donde las diferencias retributivas en las mismas categorías disminuyen o simplemente desaparecen. Las retribuciones más elevadas de nuestros encuestados pertenecen al sexo masculino lo que nos lleva a pensar que corresponden a cargos superiores en la escala laboral jerárquica, es decir la existencia de una segregación vertical porque aunque en nuestra muestra predomine el sexo femenino la punta de la pirámide es ocupada por el hombre.

Otra hipótesis que confirma nuestro estudio es que el capital humano aportado por el mundo de las ciencias garantiza unos elevados índices de empleo, independientemente del género. Así estudiar carreras científicas permite obtener un empleo vinculado con el área de conocimiento, sin distinción significativa entre los porcentajes de ocupación entre hombres y mujeres, en poco más de un año, siendo incrementada ligeramente la celeridad en el acceso al puesto de trabajo en Ciencias de la Vida con respecto a ingenierías. Un dato que contrasta comparándolo con el tiempo transcurrido para encontrar un empleo a profesionales pertenecientes a otros ámbitos de estudio. Por lo tanto, la elección de estudiar ciencias se presenta como clave para un ingreso relativamente rápido al mercado laboral.

En nuestra muestra aunque las mujeres hacen un uso mayor del trabajo a tiempo parcial respecto al sexo masculino, no se ha encontrado una significación estadística de este tipo de contrato con el número de hijos o responsabilidad de enfermos a su cargo. Por lo que desestimamos nuestra hipótesis y concluimos que el hecho de que las mujeres hagan un uso mayor del contrato a tiempo parcial que el sexo masculino puede deberse a circunstancias personales que condicionan esta elección o bien a la estructura de la oferta del empleo femenino.



En cuanto a la valoración que conceden a su trabajo actual, ambos sexos coinciden en que los elementos que les provoca mayor nivel de satisfacción es la contribución a la sociedad, seguido de la localización del puesto de trabajo y el grado de independencia que les proporciona su desempeño y el elemento que les produce mayor insatisfacción es el salario.

Hombres y mujeres, al pensar en su trabajo idílico, sitúan como aspectos más valorados la seguridad laboral, la localización y la contribución a la sociedad. El siguiente en el escalafón son los beneficios obtenidos (primas, bonos, pensiones...) a los que las féminas les conceden mayor importancia que los varones y el salario aparece como el menos valorado por ambos sexos, especialmente por las mujeres, algo que resulta inesperado cuando en el trabajo actual es el factor que mayor insatisfacción provoca. Por ello, deducimos que las mujeres priorizan en su concepción del trabajo perfecto una seguridad laboral, es decir, una continuidad en su puesto de trabajo que les proporcione estabilidad económica, la localización estrechamente ligada con la conciliación familiar y una satisfacción personal derivada de su contribución a la sociedad que puede responder a un sentido vocacional y humanitario.

Este estudio pionero en la Ribera tudelana es un proyecto novedoso porque se ha conseguido diseñar un cuestionario validado inédito en España. Un instrumento adecuado para poder evaluar la trayectoria profesional de las mujeres científicas y las barreras externas e internas que les afectan. Esta herramienta supone un puntal para futuras investigaciones de una temática que es necesario abordar para acabar con los elementos que impiden alcanzar una paridad entre hombres y mujeres en el mundo de la ciencia, terminar con las segregaciones horizontales y verticales, y propiciar los contextos adecuados para que mentes brillantes sigan aportando sus descubrimientos a la humanidad independientemente de su género.

## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Anker, R. (1998). *Gender and jobs: Sex segregation of occupations in the world*. Geneva, CH: International Labour Organization.
- Bailyn, L. (2003). *Academic careers and gender equity: Lessons learned from MIT 1*. *Gender, Work & Organization*, 10(2), 137-153.
- Berryman, S. E. (1983). *Who Will Do Science? Minority and Female Attainment of Science and Mathematics Degrees: Trends and Causes*. New York City, US: Rockefeller Foundation.
- Castaño Collado, C., y Webster, J. (2011). *Understanding women's presence in ICT: The life course perspective*. *International Journal of Gender, Science and Technology*, 3(2), 364-386.



- Cleveland, J. N., Stockdale, M., Murphy, K. R., y Gutek, B. A. (2000). Women and men in organizations: Sex and gender issues at work. Mahwah, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cusack, S., y Cook, R. J. (2009). Stereotyping women in the health sector: lessons from CEDAW. Wash. and Lee J. Civil Rts. and Soc. Just., 16, 47-78.
- Ibarra, H., Ely, R., y Kolb, D. (2013). Women rising: The unseen barriers. Harvard business review, 91(9), 60-66.
- Instituto Navarro para la Igualdad del Gobierno de Navarra. (2017). La situación de las mujeres y los hombres en la Comunidad Foral Navarra: un diagnóstico previo al Anteproyecto de Ley de Igualdad. Recuperado de: [https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/8346E44F-1C60-4850-AAC8-7934034AB5C6/390973/1DIAGNOSTICO\\_CFNGeneral1.pdf](https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/8346E44F-1C60-4850-AAC8-7934034AB5C6/390973/1DIAGNOSTICO_CFNGeneral1.pdf)
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, MICIU. (2018). Científicas en Cifras 2017. Madrid: ICIU. Recuperado de: [http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/UMYC/Cientificas\\_cifras\\_2017.pdf](http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/UMYC/Cientificas_cifras_2017.pdf)
- Novoa, M. M. (2012). Diferencia entre la perspectiva de género y la ideología de género. Díkaion: revista de actualidad jurídica, 21(2), 337-356.
- Parellada, M., Álvarez, M., Jiménez, T., & Mediavilla, A. (2018, 16 septiembre). Informe CYD 2018. Fundación CYD. <https://www.fundacioncyd.org/publicaciones-cyd/informe-cyd-2018/>
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC. (2019). Informe Mujeres Investigadoras 2019. Recuperado de: [https://www.csic.es/sites/default/files/informe\\_mujeres\\_investigadoras\\_2019\\_0.pdf](https://www.csic.es/sites/default/files/informe_mujeres_investigadoras_2019_0.pdf)
- Xie, Y., y Shauman, K. (2003) Women in Science: Career Processes and Outcomes, Cambridge, US: Harvard University Press.



## Las vendas de la justicia. Análisis de la justicia mediática en España

/ TERCER PREMIO

**AUTOR** | FRANCISCO DE ASÍS MONTOYA GIMÉNEZ

**COORDINADORA** | ESTHER SÁNCHEZ PÉREZ

**CENTRO** | IES FRANCISCO ROS GINER

**CIUDAD** | LORCA-MURCIA

### RESUMEN |

En este trabajo se analizan las relaciones de influencia y retroalimentación entre los medios de comunicación, la sociedad y la administración de justicia que puede llegar a haber en casos mediáticos en los que se produce un juicio paralelo. Y es que cuando la sociedad comienza a dar su opinión sobre tales juicios, en ocasiones se llega a cuestionar la imparcialidad de los Tribunales, debiéndose exigir a los periodistas gran preparación en materia jurídica. Para estudiar los tres casos elegidos, el caso del 'procés' catalán, el caso Arandina y el caso Nóos, se emplean tablas con criterios comunes, entre otros, la presencia de estrategias de defensa mediática, filtraciones o manifestaciones. Así mismo, se analiza el diseño editorial en titulares e imágenes en los principales medios de comunicación para ver los distintos enfoques que hacen sobre tales casos. Entre nuestros resultados podemos destacar el gran peso que las movilizaciones sociales y las injerencias políticas ejercen sobre el desarrollo judicial, a menudo condicionado así por la defensa, además de las grandes diferencias apreciables entre medios que tratan la misma noticia; pudiendo concluir que sí existe tal poder y conciencia por parte de los medios para influir a los lectores, siendo patente la relación de dependencia entre la justicia y los medios informativos en España, y cómo la sociedad usa a estos para transmitir su deseo de cambio.



### ABSTRACT |

In this research project we have analysed the relationship of influence and feedback between media, society and justice administration which can be found in famous court cases where a parallel trial is produced. When society starts to give its opinion about legal proceedings, occasionally the neutrality of magistrates is questioned, then journalists must be required to achieve a high level of expertise in legal matters. In order to study the three chosen court cases, the Catalan 'procés' case, the Arandina case and the Nóos case, we used tables with common criteria, such as the presence of a media defence strategy, leaks, protests... Besides, we have analysed the editorial design regarding headlines and images in the principal Spanish media to see the different perspectives that are taken about those cases. From the results obtained we could highlight the importance that social movements and politic interferences produce on the judicial proceedings, being sometimes conditioned by the defence, and also the huge differences about the way in which different media treat the same news. In conclusion, we can affirm that it really exists the influence and awareness from media to persuade readers, being evident the relationship of dependence between Justice and media in Spain, and how society uses them to transmit its desire of change.



## 1. INTRODUCCIÓN

"Dadme el juez que queráis, el más torpe, el más corrupto, que nada deberé temer de él, si tiene que justificar sus actuaciones en público".  
Mirabeau, siglo XVIII.

La Justicia es uno de los pilares democráticos, debiendo ser imparcial y tener capacidad de intervención plena, para velar por la seguridad y la igualdad.

No obstante, la importancia de determinados casos jurídicos es tal que la sociedad manifiesta su descontento ante el desarrollo o fallo del juicio, o simplemente da una opinión diferente de la que tienen los cuerpos judiciales y de policía. Eso puede suponer que se cuestione si son verdaderamente competentes, o lo que es peor, imparciales, ya sea por cuestiones personales, ideológicas o por intereses ocultos.

Los medios de comunicación tienen gran poder, pudiendo determinar cómo percibimos los acontecimientos que ocurren y adaptar así nuestra ideología. Por ello, los periodistas encargados de retransmitir estos casos tienen gran responsabilidad, habiéndoseles de exigir gran preparación y que la información que den sea verídica y fundamentada.

Este trabajo se sitúa dentro de la filosofía del Derecho, ahondando en la actuación del sistema jurídico y cómo este se desenvuelve en diferentes escenarios; y del periodismo, centrándonos en la función y la finalidad del lenguaje sensacionalista.

## 2. ANTECEDENTES

Sobre este tema podemos destacar los estudios de Ángel Rodríguez y Débora de Souza, respectivamente sobre la presunción de inocencia y la presión hacia los jueces; Emma Gómez Nicolau, que trata la victimización de la mujer en cuestiones de tal índole; y sobre periodismo judicial, el Código deontológico de la Federación de Asociaciones de Periodistas de España (FAPE), que establece toda norma de actuación para cubrir estas noticias; Sintés, Yeste y Franch, que analizaron las técnicas más empleadas; y M.<sup>a</sup> del Amor Braza Ramírez, quien critica la poca preparación judicial periodística. Cada vez son más comunes los estudios acerca de esta cuestión, puesto que la mediatización judicial tiene cada día mayor alcance.

## 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Trataremos de cumplir el siguiente objetivo, dividido en distintos bloques:

Estudiar la influencia y relación entre los medios de comunicación y el poder judicial de nuestro país.

- Analizar diferentes casos mediáticos actuales y cómo afecta la presión social a sus sentencias y al desarrollo del proceso judicial en general.
- Examinar los mecanismos que emplean los medios de comunicación para influir en la opinión pública en estos casos.

Planteamos las siguientes hipótesis:

1. Existe una relación de retroalimentación entre los medios de comunicación y el poder judicial, siendo dependientes respectivamente uno del otro.
2. Los medios de comunicación son el instrumento de la sociedad civil para expresar su descontento o deseo de cambio en cuanto a sentencias o leyes jurídicas.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Haremos una investigación documental, buscando y analizando información acerca de diferentes juicios y de noticias sobre estos, recogiendo diferentes posturas que la opinión pública plantea, tratando de ver si ha podido existir cierta presión o influencia en la decisión del juez, además de extraer mecanismos o estrategias comunes que los medios de comunicación utilizan.

Sobre los casos empleados, trataremos de que sean de áreas diferentes, para así contrastar cómo la opinión pública y la prensa manifiestan su opinión en distintos contextos y ámbitos. Utilizaremos un total de tres casos, uno de cada una de las áreas más mediatizadas: política, violencia machista y corrupción:

- El caso *del Procés catalán*. El 1 de octubre de 2017 se celebra un referéndum ilegal en Cataluña sobre su independencia. El Parlamento catalán aprueba tras ello una Declaración Unilateral de Independencia, autoproclamando la República Catalana. Esto lleva a la aplicación del artículo constitucional 155, siendo el Govern destituido y la mayoría de Consejeros y altos cargos detenidos. Elegimos este caso por su incidencia mediática y características: filtraciones, manifestaciones, interferencias de los poderes públicos...

- El caso *Arandina*. El 24 de noviembre de 2017, los futbolistas del Club de Fútbol Arandina, Carlos Cuadrado, Víctor Rodríguez y Raúl Calvo, conociendo su edad, abusan de una menor de 15 años. Se da un factor inusual, siendo un juicio interesante de analizar: debido a la fama de los acusados, se realiza una campaña de defensa mediática, tratando de denigrar la reputación de la joven y produciéndose manifestaciones en su contra, algo nunca visto en nuestro país.

- El caso *Nóos*. En 2010 se conecta a Iñaki Urdangarin, yerno Juan Carlos I y presidente del Instituto Nóos (organización sin ánimo de lucro), con contra-



tos millonarios financiados por los gobiernos valenciano y balear, acusándolo de obtener contratos a través de influencias. Su esposa, Cristina de Borbón, es imputada de cooperación y de beneficiarse de los negocios de su marido, suponiendo un escándalo. Finalmente, el Supremo condena a Urdangarin, mientras que absuelve a su esposa. Elegimos este caso por la importancia que tuvo al verse la Casa Real manchada por un escándalo de corrupción.

Pese a ser los tres casos diferentes, estudiaremos en ellos mediante una tabla (ver **anexo A**) posibles motivos que pudiesen causar tal juicio paralelo, basándonos en los rasgos más comunes en tales procesos (Latorre, 2002), para así encontrar características comunes y particularidades que nos hagan comprender los motivos del desarrollo de dichos procesos judiciales.

Sobre la parte periodística, analizaremos noticias que recogen diferentes detalles de los juicios, centrándonos en sus puntos clave: titular, epígrafe, subtítulo, imagen... buscando elementos para modificar la percepción del lector; fórmulas que se repitan o estrategias para llamar la atención; entre otros.

Basándonos en el estudio de Siste, Yeste y Franch (2015), dividiremos las noticias según su enfoque, ya sea criticando a los tribunales o las clases dirigentes; mencionando a la opinión pública; refiriéndose negativamente a los procesados; o narrando los hechos sin hacer apreciaciones.

Utilizaremos los noticiarios nacionales más leídos según la Asociación para la Investigación de los Medios de Comunicación (AIMC): *El País*, *El Mundo* y *ABC*. En el caso del *Proceso* emplearemos además *La Vanguardia* (el más leído en Cataluña) y en el caso *Arandina*, *Diario de la Ribera*, medio local de Aranda de Duero, localidad de las partes. Además, analizaremos las mismas noticias en el telediario de *Antena3* (el más visto de España, según *vertele!*) y emplearemos además en el caso catalán al noticiario autonómico, TV3.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISIS JURÍDICO

#### 5.1.1 CASO DEL "PROCÉS" CATALÁN

(Ver **anexo B**). Los investigados eran personas reconocidas de la sociedad catalana, sentándose en el banquillo: Oriol Junqueras (exvicepresidente) y ocho exconsejeros, por rebelión y malversación; Carme Forcadell (expresidenta del *Parlament*); y Jordi Sánchez y Jordi Cuixart, por rebelión o sedición.

Se llevó a cabo una línea de defensa mediática, aprovechando el seguimiento mediático (Vázquez, 2019). Alegaron que se les acusaba de haber defendido la libertad catalana, logrando mancillar la imagen de la Justicia y el Estado.



Según informes policiales, hicieron uso de movilizaciones sociales para ejercer presión con concentraciones durante registros policiales, encabezadas por *Los Jordis* (Sánchez y Cuixart). El incidente más destacado fue durante el registro de la Consejería de Economía y Hacienda (ver **anexo C**).

No solo los partidos nacionalistas criticaron la sentencia. Pablo Iglesias alegó que sólo dificultaba el mejorar los lazos con Cataluña (Iglesias, citado por Caro, 2019). En cambio, el líder de VOX la tachó de "vergüenza para España y para los españoles" (Abascal, citado por González, 2019).

Se sucedieron múltiples protestas en toda Cataluña. El presidente de la *Generalitat* llegó a amenazar, diciendo que irían tan lejos como el pueblo catalán quisiese (Torra, 2019). En una concentración en Madrid convocada por VOX, su secretario general acusó a los jueces de "cambiar la verdad por la unanimidad en la mentira" (Ortega Smith, citado por El País, 2020).

El 22 de junio de 2021 el Consejo de Ministros aprobó el indulto a los presos, algo con lo que muchos grupos políticos y sectores sociales se mostraron disconformes antes y después de anunciarlo el Presidente del Gobierno: "Pretenemos abrir un nuevo tiempo de diálogo (...). Queremos cerrar de una vez por todas la división y el enfrentamiento. Es el momento de volver a la política" (Sánchez, citado por Cué, 2021).

Pese a que la mayoría de organismos internacionales no se posicionaron, el caso del *proceso* supuso una gran batalla política y judicial en la Unión Europea. Debido a la huida de Puigdemont a Bélgica, se solicitó su extradición para ser juzgado. Al poco se retiró tal petición, temiendo que Bélgica solo lo entregara por delitos menores, no contemplando su código penal la rebelión (BBC, 2018).

#### 5.1.2 CASO ARANDINA

(Ver **anexo D**). Los acusados, Víctor Rodríguez, Carlos Cuadrado y Raúl Calvo, futbolistas del Arandina Fútbol Club, eran muy conocidos en su localidad, Aranda de Duero, Burgos. Se les acusó por un delito contra la libertad sexual y agresión sexual a una menor de 15 años.

La defensa aprovechó la mediatización del proceso, tras filtrarse unos audios de la víctima, presentando estos como pruebas. En ellos, se jactaba de haber mantenido relaciones sexuales y decía ser capaz de inventarse lo que fuese. Así lo interpretó Uriarte, citado por ABC (2018), abogado de la defensa, para desacreditarla. Sin embargo, no se les dio valor probatorio, achacándolo a la inmadurez de la chica, como decía el informe de los psicólogos judiciales:

"El equipo psico-social que se entrevistó con la menor (...) considera que tenía una dificultad de integración social, manteniendo relaciones de amistad superficiales, otorgando gran importancia a su imagen corporal, buscando la





aprobación y refrendo de las redes sociales, mostrando inmadurez y poca reflexibilidad" (Audiencia Provincial de Burgos, 2019).

También fueron filtrados mensajes de los acusados, que comentaban haber mantenido relaciones sexuales con ella, siendo conocedores de su minoría de edad y describiendo explícitamente lo ocurrido en su piso.

El 11 de diciembre de 2019, la Audiencia Provincial de Burgos publicó la sentencia, condenándoles por su delito de agresión sexual (14 años), además de por cooperar con sus compañeros, en total 38 años de prisión. Esta es la primera ocasión en la que se aplicó tal doctrina, siguiendo la establecida por el Supremo durante el caso de la Manada ([elDiario.es](http://elDiario.es), 2019). Se crea así una nueva jurisprudencia, la cual, en casos de índole sexual, determina que, aun siendo el mismo delito, se ha de aplicar además el delito de cooperación.

El 14 de diciembre se realizó una manifestación en Aranda de Duero en apoyo a estos. La multitud congregada, según fuentes policiales 350 personas, criticaba que la sentencia sólo buscara contentar a la opinión pública (La Vanguardia, 2019). En contraste, diversas asociaciones feministas convocaron otra concentración en apoyo a la víctima, convirtiendo el proceso judicial en una lucha de bandos en el pueblo.

La defensa recurrió esta al Tribunal Superior de Justicia regional, quien absolvió a uno de ellos, rebajando las penas de los otros, ya que los hechos se reconocían como abuso sexual, no viendo intimidación ambiental. Además, puesto que la edad del primero distaba poco de los de la víctima, se decretó no haber superioridad de madurez. Esta también ha sido recurrida al Supremo.

Una vez publicada la primera sentencia, surgieron opiniones adversas de diferentes grupos políticos, principalmente VOX. En Twitter expusieron su opinión acerca del litigio: "Asistimos a la creación, por parte del feminismo radical, de una atmósfera muy peligrosa, que enfrenta a mujeres contra hombres. Esa presión impide a muchos jueces ejercer una justicia digna e independiente" (VOX, 2020).

### 5.1.3 CASO NÓOS

(Ver anexo E). Iñaki Urdangarin y su esposa, Cristina de Borbón, fueron imputados, el primero por evasión de impuestos, fraude fiscal, prevaricación...; y ella por cooperación y beneficiarse de los hechos delictivos de su marido.

La Casa Real decidió, para no verse más salpicada, retirar a la Infanta el Ducado de Palma, según fuentes cercanas, tras negarse a renunciar a sus derechos dinásticos y a divorciarse de su marido (El País, 2015).

Las asociaciones judiciales Francisco de Vitoria (AJFV) y Jueces por la Democracia (JpD) denunciaron las presiones que el juez instructor, José Castro, esta-



ba recibiendo: "La investigación penal que realiza el magistrado (...) ha estado acompañada de circunstancias que son especialmente negativas para la actuación de una justicia independiente" (JpD, citado por RTVE, 2014).

El propio Castro dijo aun siendo la sentencia unánime:

"Podemos decir las penas son ciertamente leves (...) Don Juan Carlos hubiera debido de declarar, más como imputado que como testigo (...) Creo que la infanta Cristina, no por los Tribunales, sino por el Sistema y distintas instituciones, ha obtenido un trato de favor" (Castro, 2018).

PP, PSOE y Ciudadanos coincidieron en el apoyo y respeto a la sentencia. Por otro lado, Izquierda Unida señaló la impunidad que esta había tenido: "En dictadura o democracia, los Borbones siempre libran sus delitos. El absolutismo ha pasado, pero siguen estando conectados con algo divino." (Garzón, 2017).

Durante el juicio se desarrollaron diversas concentraciones antimonárquicas en Madrid y Baleares, clamando por que la sentencia fuese lo más justa posible y se acabase con la corrupción borbónica (El Periódico, 2017).

El 17 de febrero de 2015 se publicó la sentencia de la Audiencia Provincial de Baleares, en la cual se condenaba a Iñaki Urdangarin a seis años y medio de prisión por prevaricación, fraude a la Administración, tráfico de influencias y delitos contra la Hacienda Pública, habiendo obtenido rédito de su posición institucional. Por otro lado, Cristina de Borbón fue absuelta, alegándose que desconocía tales negocios, a pesar de que se le condenó a pagar una multa, habiéndose beneficiado de ellos. Se recurrió la sentencia al Supremo, quien en 2018 rebajó su pena y la multa de su esposa (El País, 2018).

Actualmente es el primer y único caso judicial en el que han sido juzgados miembros de la Familia Real, reflejando así la democratización de las instituciones y el fin de la superioridad y diferencias de clase, no pudiendo estar en un Estado de Derecho como el nuestro nadie por encima de la ley.

## 5.2 ANÁLISIS PERIODÍSTICO

### 5.2.1 CASO DEL "PROCÉS" CATALÁN

Hemos elegido como noticia a analizar la noticia del 15 de octubre de 2019, día en el que el Supremo hizo pública oficialmente la sentencia del procés.

En cuanto al titular (ver **anexo F**), ABC destaca su impacto político ("Sánchez ya no necesita indultarlos"); *La Vanguardia* ("Amplia movilización contra las altas penas del procés"), *Antena3* ("Movilizaciones en Cataluña tras la sentencia del procés") y *TV3* ("Segundo día de manifestaciones por la sentencia") señalan el



descontento popular; y El Mundo ("El Supremo reduce el proces a una «ensañación» para «presionar») y *El País* ("Penas de 9 a 13 años para los principales líderes del proces") exponen la sentencia y sin observación alguna.

Sobre las imágenes, se da un cambio, ya que, aunque la mayoría siguen una misma línea, El Mundo y El País incluyen fotografías de manifestaciones (ver **anexo G**). Además, ABC emplea una imagen donde aparecen todos los encausados.

Los medios que emplean fotografías o vídeos referentes a protestas sociales coinciden en una visión general de estas de forma más o menos contenida (ver **anexo H**), ya sea mostrando a los manifestantes en contraste a los antidisturbios (*Antena3* nombra agresiones que han sufrido quienes protestaban de parte de la policía, ver **anexo I**) o incluyendo una visión lo más pacífica posible, como es el caso de *TV3* (ver **anexo J**).

En contenido, no se aprecian diferencias significativas. ABC centra la atención en el Presidente del Gobierno, suponiendo su intención de conceder el indulto. *El Mundo* cita a la sentencia, lo que debido a redacción puede malentenderse como crítica por las bajas penas al referirse a los actos delictivos como "ensañación para presionar". *La Vanguardia* retrata a los encausados como personas con sentimientos y familia, para que el lector se sienta más cercano.

### 5.2.2 CASO ARANDINA

Hemos elegido los artículos e informativos sobre las manifestaciones en apoyo a los condenados tras la primera sentencia a finales de diciembre de 2019.

Siendo una noticia sobre cómo ve la opinión pública la sentencia, la mayoría de titulares se centran en esta (ver **anexo K**). ABC señala la división en el pueblo a favor o no de la víctima ("Un pueblo partido por la banda"); *El Mundo* ("Varios centenares de personas se manifiestan en Aranda de Duero en contra de la sentencia del 'caso Arandina'"); *Diario de la Ribera* ("Más de 500 personas apoyan a los condenados del caso Arandina") destacan la alta participación ciudadana; y *Antena 3* informa de esta sin más ("Los vecinos preparan movilizaciones"). Por otro lado, *El País* habla del audio filtrado ("Twitter, obligada a eliminar los audios de la víctima de los futbolistas de la Arandina").

Las imágenes son muy similares, mostrando todos los periódicos personas del pueblo con pancartas (ver **anexo L**). Los otros medios emplean fotografías muy parecidas con pancartas que van desde "Apoyemos la presunción de inocencia" a "STOP FEMINAZIS. Quitar derechos a un sexo para obtener privilegios no es igualdad" (ver **anexo N**). ABC subraya que quien se posiciona en el pueblo públicamente lo hace "en la sombra", temeroso de las repercusiones. *Diario de la Ribera* recoge los manifiestos de personas que acudieron al evento. *Antena 3* recoge testimonios de diferentes vecinos. La mayoría muestran su apoyo a los



jóvenes ("No ha hecho nada. Raúl tiene novia y es uno de los mejores chicos jóvenes", ver anexo M). También revela la dirección de la casa de los padres de éste, Raúl, en La Bóveda de Toro (Zamora), enfocando la vivienda, lo que atenta contra su derecho a la intimidad y contraviene el Código Deontológico de la FAPE.

### 5.2.3 CASO NÓOS

La noticia seleccionada es la portada de la sentencia del 18 de febrero de 2017, que condena a Urdangarin a 6 años de cárcel y la Infanta es absuelta.

Los titulares giran en torno al fallo judicial (ver **anexo Ñ**). *El País* ("Seis años para Urdangarin y absolución para la infanta") y *Antena3* ("Sentencia caso Nóos: Iñaki Urdangarin, condenado a seis años y tres meses de prisión; la Infanta Cristina queda absuelta") explican las penas de forma expositiva. Mientras, *El Mundo* ("Una sentencia de mínimos") da a entender cierta benevolencia con las penas. Por otro lado, ABC ("Una sentencia que devuelve a sus proporciones el caso Nóos") indica como un juicio tan mediatizado ha vuelto a su cauce. Las fotografías son del todo variopintas (ver **anexo O**). *El País* ilustra a la juez Samantha Romero (ver **anexo P**); ABC una fotografía del matrimonio Urdangarin-Borbón; *El Mundo* muestra la naturalidad de los reyes durante esos días; y *Antena3* vídeos de archivo de los ex duques de Palma. ABC incluye una foto de tres años antes (ver **anexo Q**), en la que Iñaki Urdangarin observa a su esposa con rostro serio, mientras esta se muestra segura, reflejando la situación del momento: él (condenado) y ella (absuelta).

En contenido apenas hay aspectos a comentar. *El Mundo* señala la importancia de haber sido Urdangarin absuelto de blanqueo de capitales, lo que habría implicado "el triple de condena"; además de resaltar cómo la sentencia indica el beneficio que este había obtenido por su posición.

## 5.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tras analizar casos con las características de un juicio mediático (Latorre, 2002), observamos que estos, tal como Bravo (2012) indica, realmente atentan contra pilares básicos de la justicia.

Coincidimos con González (2018) en que, los delitos hacia menores llaman más la atención de la opinión pública. Pese a la ONU (2015) ordenar lo contrario, en el caso Arandina hemos podido ver continuos ataques contra la integridad de una menor de edad, atentando contra su reputación y honra.

Tal como Camarena (2017) indica, las filtraciones pueden llegar a ser aprovechadas por las partes para realizar una estrategia de defensa mediática.



Al igual que Bueno (2000) expone, los medios de comunicación tratan de incluir la información más necesaria e importante en los titulares y entradillas con el fin de llamar la atención del lector.

Tanto Braza (2017) como Carretero y Duñaiturria (2013) critican la poca profesionalidad periodística en noticias de tal índole. Aun así, no hemos encontrado grandes apreciaciones de estos, solo habiéndose encontrado un hecho poco ético según la FAPE (2017, el de *Antena3* en el caso *Arandina*).

## 6. CONCLUSIONES

Para finalizar nuestra investigación, podemos concluir que:

1. Se da una fuerte influencia de los medios de comunicación sobre el poder judicial en España, teniendo esta gran relevancia en cuanto al conflicto entre el derecho a la información y el respeto a la independencia judicial.

1.1 El desarrollo de los juicios paralelos es a menudo condicionado por la influencia de los medios de comunicación y la sociedad, ya que, aunque la decisión resida en los jueces, estos se ven influenciados por la presión mediática y las altas esferas políticas y sociales.

1.2 Los medios de comunicación hacen uso de diferentes técnicas para convencer a los lectores y condicionar su criterio, ya sea en la redacción del titular, en la selección de imágenes o en el enfoque o inclusión de unos u otros datos en función del efecto que se quiera conseguir en el receptor.

Por tanto, podemos decir que nuestras hipótesis se ven confirmadas:

1. Es patente la relación de retroalimentación entre los medios de comunicación y el poder judicial: mientras que los primeros se benefician económicamente de la situación y comparten su opinión; el segundo aprovecha esto para evolucionar y adaptarse a los nuevos tiempos y al contexto social y cultural del momento.

2. La sociedad civil emplea a estos medios de comunicación como altavoz para expresar su deseo de cambio y opinión, en ocasiones en lo referente a las leyes existentes y su modo de aplicación.

Durante nuestra investigación, nos hemos encontrado con dificultades como la rápida evolución de los casos por hechos puntuales que condicionaban su desarrollo judicial.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braza, M. A. (2017). La normalización del periodismo judicial en los medios de comunicación. Universidad de Sevilla. <http://hdl.handle.net/11441/65260>

Camarena, G. W. (2017). Medios de comunicación y Poder Judicial Tratamiento procesal y penal frente a los juicios paralelos. Universidad Autónoma de Madrid. <http://hdl.handle.net/10486/680884>

Carretero, C. y Duñaiturria, A. (2013). El Derecho en los Medios de Comunicación. Editorial Aranzadi.

Cué, C. (2021). "El Gobierno aprueba los indultos parciales y condicionados a los presos del 'procés' "para abrir un nuevo tiempo de diálogo"". El País, 22 de junio. Disponible en: <https://elpais.com/espana/2021-06-22/el-gobierno-aprueba-los-indultos-parciales-y-condicionados-a-los-presos-del-proces-para-abrir-un-nuevo-tiempo-de-dialogo.html> [Consultado 30-06-2021].

Federación de Asociaciones de Periodistas de España (1993). Código Deontológico de Periodistas de 1993. Sevilla. <https://fape.es/home/codigo-deontologico/>

González, G. (2018). Dossier I: Casos mediáticos. Quadernos de criminología: revista de criminología y ciencias forenses, 42, p.p. 7-11.

González, M. (2019). "Vox califica la sentencia del 'procés' de "vergüenza para España"". El País, 15 de octubre. Disponible en: [https://elpais.com/politica/2019/10/14/actualidad/1571042123\\_766066.html](https://elpais.com/politica/2019/10/14/actualidad/1571042123_766066.html) [Consultado 25-10-2020].

Latorre, V. (2002). Función Jurisdiccional y Juicios Paralelos. Editorial Aranzadi.

A continuación, disponen de un código QR para consultar los anexos.





## ANA y MÍA, las princesas de INTERNET

/ TERCER PREMIO

**AUTORA** | VERÓNICA SÁNCHEZ CAMPOS

**COORDINADORAS** | MARÍA LOURDES BARNÉS ROMERO  
Y MARÍA JOSÉ ARAGÓN SÁNCHEZ

**CENTRO** | IES FRANCISCO ROS GINER

**CIUDAD** | LORCA-MURCIA

### RESUMEN |

A día de hoy, nos encontramos completamente sumidos en el mundo de Internet, tanto, que hasta los Trastornos de la Conducta Alimentaria (TCA) han logrado, en las últimas décadas, hacerse dueños de los contenidos que actualmente estamos consumiendo en la red. Así pues, con este proyecto pretendemos analizar más a fondo las páginas pro-Ana y Mía, examinando el comportamiento de las creadoras de esta comunidad y determinando de qué forma pueden afectar negativamente a quienes las visitan. Para lograr esto, nos serviremos de distintas redes sociales (WhatsApp, Instagram, Twitter, Tik Tok, entre otras) para demostrar la existencia de dos comunidades diferentes en cuanto al movimiento pro-Ana y Mía se refiere. También se hará uso de la encuesta PAWS y del libro *Seré Frágil*, de Beatriz Esteban, para poner en contexto los rasgos que predominan en pacientes con TCA y determinar cómo ha afectado a los sujetos la visita a estos sitios web. Se hará uso de los métodos analítico, hermenéutico y dialéctico para tratar de comprender los razonamientos y creencias que difunden las páginas antes citadas. Como conclusión, podemos afirmar que estos sitios en la red afectan de manera negativa a quienes las visitan, pudiendo incluso causar adicción a su contenido, y existen dos comunidades distintas que, dependiendo de su objetivo, afectan a los pacientes de manera diferente.



### ABSTRACT |

Nowadays, we are completely immersed in the Internet's world in such a way that Eating Disorders (ED) are in control of the contents that we are consuming right now on the network. Therefore, with this project we try to analyze more in depth the pro-Ana and Mia websites, examining the behavior of the creators of these communities and determining in what way the users who go on these social networking sites can be negatively affected. In order to achieve this, we will make use of some different social media apps (WhatsApp, Instagram, Twitter and Tik Tok, among others) to demonstrate the existence of two different communities related to the pro-Ana and Mia movement. Also, we are going to use the PAWS survey and a book called *Seré Frágil*, written by Beatriz Esteban, to contextualize the predominant characteristics in ED patients to be able to determine how they have been affected after visiting these websites. Furthermore, the analytical, hermeneutic and dialectical methods will be used to try to understand the reasoning and beliefs which are spread on the pro-Ana and Mia content. In conclusion, we can affirm that these websites are harmful and negatively affect the people who visit them, even becoming addictive and, that there are two different communities which, depending on their objectives, affect the patients differently.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, con la digitalización de los medios y nuestra forma de relacionarnos, los Trastornos de la Conducta Alimentaria (TCA) han evolucionado y también se han hecho un hueco en el mundo de las redes sociales.

El talk-show The Oprah Winfrey Show (2004) comentó sobre los peligros de las páginas pro-Ana y Mía (ser partidario o estar a favor de la anorexia (AN) y de la bulimia (BN)), comentando que “estos sitios web eran tan peligrosos como poner una pistola en manos de alguien que desea suicidarse”.

El tema de la presente investigación ha sido escogido principalmente por temas personales, puesto que yo misma caí en las mentiras que cuentan la AN y la BN, y conozco de primera mano el sufrimiento por el que pasan las pacientes. Por tanto, me gustaría dar la visibilidad y el respeto que este tema merece.

Nuestro objetivo con esta investigación es determinar la manera en que estos sitios web afectan a las personas que los visitan, determinando a su vez si pueden sufrir adicción a su contenido y comprobando que afectan negativamente tanto a su salud física como mental. Por último, queremos mostrar la existencia de otra comunidad en redes sociales que, al contrario que la comunidad pro-Ana y Mía, proporciona ayuda al paciente cuando la necesita.

## METODOLOGÍA

Como primer método emplearemos el analítico para analizar de manera detallada y específica todos y cada uno de los elementos que contengan las páginas pro-Ana y Mía, y trataremos de introducirnos en algunos grupos de WhatsApp para observar más de cerca estos elementos. Seguidamente, emplearemos el método hermenéutico para tratar de comprender el comportamiento de pacientes con AN y BN; para ello, extraeremos datos a través de libros basados en experiencias reales, como *Seré Frágil*, de Beatriz Esteban, y haremos entrevistas a la propia Beatriz Esteban, quien sufrió de AN en su adolescencia; y a Andrea Tomé, que, al igual que Beatriz, sufrió AN en su adolescencia, así como a personas aleatorias que formen parte de la comunidad Pro-Ana y Mía y de la comunidad ED-recovery. De esta forma, pondremos en contexto la sociedad y sus prejuicios con las experiencias narradas tanto por ambas escritoras, como por los sujetos aleatorios y por los personajes del libro. Por último, haremos uso del método dialéctico para mostrar cómo, a lo largo del tiempo, consiguen las personas pro-Ana y Mía influenciar la sociedad, así como las personas que conforman la comunidad Body Positive o ED-recovery también lo hacen. En lo referente al nivel de la investigación, nos encontramos ante una investigación explicativa, ya que nos planteamos la razón de existencia de las redes pro-Ana y Mía y el efecto que causan en las personas. El diseño de nuestra investigación es tanto documental como de campo: por un lado, es una investigación docu-



mental ya que los datos obtenidos procederán de una fuente fiable ya escrita, como en nuestro caso, el libro *Seré Frágil*. Por otro lado, es una investigación de campo ya que algunos datos que recojamos procederán de la realidad, sin controlar o manipular ninguna variable: tal es el caso de la encuesta de webs pro-Ana (PAWS, por sus siglas en inglés).

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### ANÁLISIS DE SERÉ FRÁGIL

Comenzando con el análisis del libro *Seré Frágil*, pudimos apreciar en la protagonista ciertos rasgos que se repiten en pacientes que sufren de TCA, como el perfeccionismo y la autoexigencia (*Voy andando al colegio, tardo quince minutos, pero quemo al menos 80 calorías. Solo ochenta. Ochenta ni es nada, ochenta no me hará llegar a los cuarenta y cinco*), la hipersensibilidad a la crítica (Si algo me había quedado claro es que yo quería quererme. Y, como ahora no podía, quizás pudiera hacerlo con un par de kilos menos. Sólo hasta los cincuenta kilos o por ahí. Estaría bien, me sentiría mejor y, con suerte, me querría<sup>2</sup>), o una excesiva necesidad de aprobación externa (*Tenía claros mis defectos, cuántas veces había fallado, todo lo que no me gustaba de mí. Eso lo tenía clarísimo*<sup>3</sup>).

### ANÁLISIS DE LAS DIETAS PRO-ANA Y MÍA

Siguiendo con el análisis de las dietas compartidas en las páginas pro-Ana y Mía, pudimos apreciar que no superan más de 500 kcal al día, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que la cantidad mínima de calorías ingeridas en un día sean 2000 kcal para los hombres y 1500 kcal

Figura 01.  
Mocha diet.



Nota. Los días 3 y 7 la dieta indica que se lleve a cabo un water fast; es decir, un ayuno del agua, en el que la persona únicamente puede consumir agua. Fuente: @miaa.12princess via Instagram.

1. Esteban Brau, B. (2017). Recuperado de la novela *Seré Frágil*. Capítulo 3, pos 512, 73º párrafo (formato Ebook)
2. Esteban Brau, B. (2017). Recuperado de la novela *Seré Frágil*. Capítulo 8, pos 1082, 2º y 3º párrafos (formato Ebook)
3. Esteban Brau, B. (2017). Recuperado de la novela *Seré Frágil*. Capítulo 7, pos 1015, 27º párrafo (formato Ebook)

para las mujeres para que sea una dieta mínimamente equilibrada. Así pues, también pudimos comprobar cómo estas dietas se trataban de una variedad de las dietas milagro, aquellas que prometen resultados inmediatos e imposibles de alcanzar.

### ANÁLISIS DE LA ENCUESTA PAWS

En cuanto a la encuesta PAWS (*Pro-Anorexia Websites Survey*, de un total de 24 preguntas, donde cuestionamos a los participantes y encuestados con qué frecuencia visitan las páginas pro-Ana y Mía, cómo ha cambiado su percepción propia y de qué forma se autoevalúan ahora, y, sobre todo, las razones por las que han continuado visitando los sitios web), la mayor parte de las personas que participaron en ella (490 personas en total) afirmó ser mujer de unos 16 años de media.

Obtuvimos datos realmente preocupantes, puesto que, en palabras de ciertos encuestados, “hubo unos meses que sí me obsesionaron estos temas”; “me obsesionó al estar constantemente buscando resultados”; “realmente no sé si esto puede considerarse una obsesión, pero se me hacía insoportable no mirar cada día lo que publicaban estas páginas”; “durante el tiempo que veía este contenido, llegué a sentir incluso una adicción a contar las calorías por culpa de estas páginas”, terminaron por confirmar que la razón por la que seguían visitando las páginas era por una obsesión en cuanto al contenido difundido.

También pudimos observar cómo, en algunos gráficos, los encuestados reconocían medir su cuerpo con mucha más frecuencia desde que eran consumidores de este movimiento, lo que les llevó a una disminución de su autoestima.

También contamos con la experiencia de Andrea Tomé, (Ferrol, 1994), quien sufrió AN y BN a los 16 años, lo que le animó a escribir *Corazón de mariposa* (2014). Andrea nos facilitó la siguiente información exclusiva:

*Cuando enfermé, a los 16 años, no estaba activa en páginas de Ana y Mía, pero sí que consumía contenido pro Ana a través de Tumblr y We Heart It, además de leer algunos foros de myproAna y otras páginas (pero nunca colaboré ni fui miembro). Usaba este contenido como trigger<sup>4</sup> y como motivación para seguir perdiendo peso y, en ocasiones, sí que llegó a convertirse en una rutina el consumir este contenido. Durante una recaída sí que empecé a estar activa en foros pro Ana (myproAna, específicamente), pero no para difundir contenidos proana, sino para simplemente hablar con otras personas que estaban pasando lo mismo que yo, y llegué a trabar amistad con gente de este modo (la cara más amable de estas páginas, quizás).*

4. En Psicología significa una situación o experiencia actual que activa un recuerdo y devuelve a la persona a la experiencia que causó el trauma original. [PsychCentral (2016)]



Figura 02.

¿Tras visitar estas páginas te has pesado, medido o comparado con mayor frecuencia?

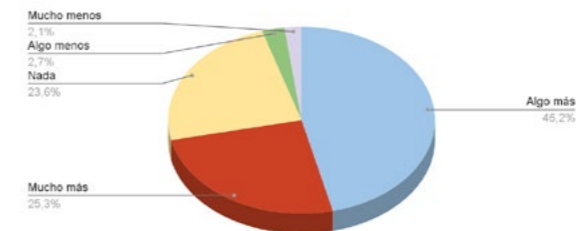
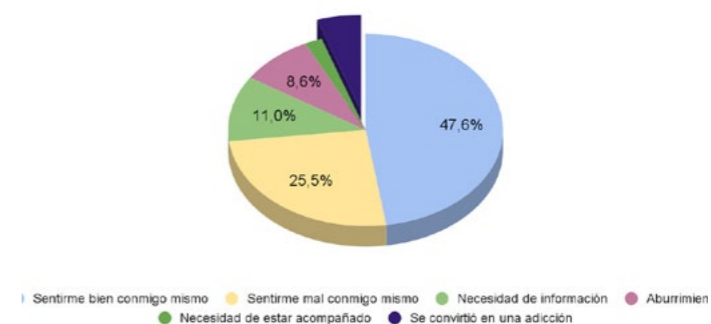


Figura 03.

¿Tras visitar estas páginas te has pesado, medido o comparado con mayor frecuencia?



Nota. Los sujetos afirmaron medir, comparar y pesar su cuerpo de manera algo más frecuente, siendo el segundo resultado más votado el de mucho más frecuente. Fuente: elaboración propia.

Nota. La mayoría de los encuestados afirmó seguir visitando las páginas para sentirse bien consigo mismos, lo que muestra indicios de que no se sentían satisfechos con su composición corporal. Sin embargo, destacamos este gráfico por un 5% (representado en color azul marino) que afirmó seguir visitando las páginas porque se convirtió en una adicción. Fuente: elaboración propia.

### LA COMUNIDAD PRO-ANA Y MÍA EN LAS REDES SOCIALES TWITTER, TIKTOK Y WHATSAPP

En **Twitter** encontramos gran cantidad de contenido pro-Ana y Mía, como la difusión de la falsa creencia de que “al no comer nada voy a lograr el cuerpo de mis sueños” o de que “al estar delgada no voy a tener ningún problema”. También encontramos imágenes *thinspo*<sup>5</sup> y la difusión de comentarios negativos hacia la comida, haciendo que las personas que los lean se sientan mal consigo mismas. Analizando más a fondo estos últimos comentarios, pudimos llegar a la conclusión de que se tratan de una proyección de lo que estas pacientes sienten hacia sí mismas: asco, rencor y odio.

5 Cuando hablamos de *Thinspiration* o *thinspo* nos referimos a la subida de imágenes de cuerpos muy delgados en las redes sociales para inspirar a las personas a perder más peso y desencadenar pensamientos y prácticas relacionadas con los TCA.



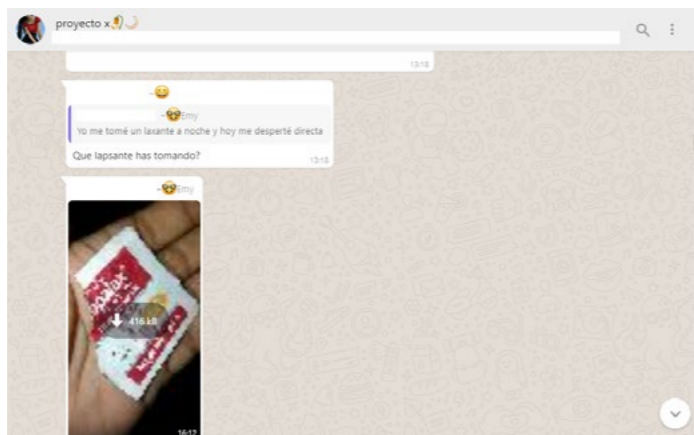
En **TikTok** encontramos ciertos vídeos que animaban a los usuarios a seguir perdiendo peso o a dejar de comer. Para poder acceder a estos vídeos introducimos en el apartado “Tendencias”, que es el buscador de la aplicación, el descriptor “m34nspō10”, cuando nos aparecieron miles de cuentas dedicadas exclusivamente a subir contenido Pro Ana y Mía.

Otra manera muy común y, a la vez, muy peligrosa de difundir contenido Pro-Ana y Mía es a través de la red social **WhatsApp**: muchos pacientes, en su mayoría jóvenes, crean grupos de WhatsApp y comparten el link para que cualquiera pueda acceder a estos grupos. Para comprobar qué clase de contenido, imágenes y *tips* o consejos se compartían en estos grupos, decidimos infiltrarnos en varios de ellos: para conseguir esto, buscamos en YouTube algunas palabras clave, como “link grupo pro ana”, donde encontramos una gran cantidad de vídeos cuyos comentarios estaban repletos de links o enlaces que conducían a los ya citados grupos. Muchos de ellos no funcionaban debido a la propia eliminación del chat, así que, tras muchos intentos, al fin pudimos infiltrarnos en un total de tres grupos, cuyos nombres eran “Butterfly, Dolls y Proyecto X”, todos ellos haciendo referencia a los términos que se compartían en las páginas Pro-Ana y Mía para nombrarse de unas pacientes a otras. En todos los grupos pudimos observar cómo las chicas se pedían consejos entre ellas, sobre todo, para hacer ejercicio y quemar muchas calorías, vomitar hasta que no quede nada de comida en el estómago, esconder comida e incluso cómo engañar a los terapeutas y a sus propias familias para hacerles creer que habían ganado peso, y que, de esta forma, no se preocuparan tanto por ellas y no las tuvieran

Figura 04.

Difusión de fármacos con el fin de perder peso.

Fuente: elaboración propia.



bajo control. Además, nos pareció más alarmante aún el hecho de que en estos grupos se difundieran los nombres de fármacos especializados en la pérdida de peso y/o con el propósito de controlar el hambre y las ganas de comer.

Tras muchos intentos, conseguimos contactar con una de las administradoras de un grupo Pro-Ana y Mía de WhatsApp y decidimos preguntarle la razón so-



bre por qué creó un grupo en el que la información que se difundía promovía el contenido pro-Ana y Mía, y esta fue su respuesta: “Bueno, yo encontré el número de la administradora (la principal) en un blog, yo me uní y lo hice para no sentirme sola en ese camino que estaba tomando”.

Así pues, le preguntamos por qué difundían este contenido y su finalidad con ello y, aunque su respuesta fue algo ambigua, nos contestó lo siguiente: “En mi caso sucedía que estaba haciendo mal algunas cosas (relacionadas con la comida), me metí a ese grupo y me explicaron más o menos cómo debía ser”. Por tanto, la administradora nos dio a entender que buscaba contenido en Internet para adelgazar, se encontró con el blog Pro-Ana y Mía y contactó con la administradora principal para crear un grupo de WhatsApp en el que se divulgaran contenidos Pro-Ana y Mía, para que así, tanto ella como las demás integrantes, pudieran compartir sus trucos y sus consejos para adelgazar.

Es bastante común que en grupos de este estilo haya contenido visual especialmente sensible, como autolesiones y cortes, así que decidimos preguntarle a la administradora si, antes de que nos infiltrásemos en el grupo, hubo alguien que, debido a la información que se difundía en el grupo, llegó a herirse a sí mismo o a autolesionarse. Esta fue su respuesta: “Una de ellas, aún no era administradora yo, hizo un ayuno muy fuerte (muy largo) y terminó internada. Después de ello siguió en esto (en los grupos Pro-Ana y Mía), pero tomaba más precaución. Después dejó de interactuar y no supe más de ella”.

## LA COMUNIDAD ED-RECOVERY<sup>6</sup> Y EL MOVIMIENTO BODY POSITIVE EN INSTAGRAM

A pesar de que existen infinidad de comentarios negativos y que pueden suponer un *trigger* para personas vulnerables o especialmente sensibles a ellos, hemos podido comprobar que, por suerte, existen cuentas en redes sociales como Instagram que comparten sus experiencias, vivencias y sentimientos a lo largo de la enfermedad, demostrándole a los demás pacientes que no están solos con el trastorno y que existe una salida a sus problemas.

Así pues, también tratan de aceptar sus propios cuerpos y amarlos de la manera que son, además de difundir dietas saludables: a este movimiento se le denomina *Body Positive*, y está estrechamente relacionado con el movimiento ED-recovery, cuyos objetivos son los mismos pero son más específicos en cuanto a los pacientes de AN y BN. Conseguimos contactar con varias creadoras de estas cuentas para explicarnos cuál era su propósito al publicar contenido en ellas y por qué decidieron crearla; destacamos la respuesta de Laura, que dice así:

6. ED-recovery es una expresión en inglés la cual, al traducirla al español, encontramos que significa “recuperación de los TCA”.



*Me creé esta cuenta en mayo de 2020, un mes después de que me dieran el alta en el hospital de día. Al principio no tenía ningún propósito, era más por tener una cuenta y porque me parecía guay subir lo que comía; además, este mundo de cuentas de recuperación es superbonito. Con el tiempo seguí con ella con la motivación de llegar a muchas más personas para poder ayudar y concienciar sobre los TCAs. Muchísimas cuentas de recuperación me han ayudado y muchísimas personas me han escrito para que les ayudase, así que mi propósito es ese, ayudar a todas las personas que pueda y ser una motivación para ellas.*



Figura 05.

Difusión por parte de pacientes con AN sobre sus comidas durante su periodo de recuperación.

Nota. Las pacientes con AN publican sus platos de comida durante su periodo de recuperación para inspirar a sus iguales a que desafíen sus miedos en cuanto a la comida se refiere y a que realicen las llamadas fear food; es decir, comida que da miedo por el alto valor calórico que contiene. Fuente: @laurecovery vía Instagram.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Así pues, tras haber realizado este proyecto tan específico, las únicas tesis que se asemejaban a la nuestra en su totalidad fueron la información aportada por el psicólogo D. Robin Rica, especialista en Trastornos de la Conducta Alimentaria, quien demostró la existencia de, por un lado, las redes sociales que fomentan el movimiento pro-Ana y Mía y, por otro, la existencia de una pequeña comunidad (por suerte cada vez menos pequeña), llamada Body Positive y que está estrechamente relacionada con el movimiento ED- recovery.

La siguiente tesis que más parecidos encontramos con la nuestra fue la elaborada por Ramos Kurland, M.V (2016) en la que se analizaba muy a fondo la comunidad Pro-Ana y su influencia sobre los Trastornos de la Conducta Alimentaria. Esta estudiante de la Universidad de Cádiz realizó la encuesta PAWS y sus resultados eran bastante similares a los obtenidos por la encuesta PAWS que nosotros difundimos.



Por otro lado, el 17 de septiembre de 2020, la reportera en Webedia España, Alesya Makarov, se infiltró un mes en diversos grupos de WhatsApp que difunden contenidos pro-Ana y Mía, y comenta que, después de este tiempo, comienza a entender por qué actúan de esta forma. En sus palabras:

*La forma en la que se retroalimentan es casi mecánica. Si una desfallece en su meta, las demás están ahí para ayudarla. Pocas veces he visto a grupos de gente tan unida por algo. Guardan algo incluso de una “sinceridad” brutal entre ellas. Si una pasa una foto en la que se siente gorda, el resto no van a tener tapujos en decirle “sí, estás gorda, debes bajar de peso”. Si alguien come demasiado y lo cuenta, las demás dicen sin miedo que vomite.*

## CONCLUSIONES

Al analizar más a fondo las dietas pro-Ana y Mía pudimos determinar que estas son un conjunto de una variedad de las dietas milagro, las cuales prometen resultados imposibles de alcanzar. Así pues, estas dietas producen una gran cantidad de enfermedades y trastornos digestivos y, por supuesto, no cubren las necesidades energéticas diarias, por lo que la calidad y variedad nutricional de las dietas Pro-Ana y Mía es pésima y muy poco equilibrada.

La mayoría de los sujetos que visitaron las páginas pro-Ana y Mía se vieron negativamente afectados a nivel psicológico, según pudimos extraer de los resultados de la encuesta PAWS que realizamos (un 40.9% de los participantes afirmaron que estas páginas les dañaron debido a las constantes comparaciones que hacían con su propio cuerpo, los comentarios negativos que leían sobre los cuerpos normativos y la frustración de no conseguir un cuerpo como el de las imágenes que se transmitían, mientras que un 24.3% declararon que les ayudaban a comer menos y mantenerse más “sanos”, a perder peso y a tener control sobre la comida).

Así pues, aunque no pudimos demostrar completamente si los sujetos que visitan las páginas pueden desarrollar adicción a su contenido, sí que contamos con la experiencia de la escritora Andrea Tomé, que nos comentó “en ocasiones, sí que llegó a convertirse en una rutina el consumir este contenido”, además de contar con las declaraciones de otros sujetos que participaron en la encuesta, como “hubo unos meses que sí me obsesionaron estos temas”; “me obsesionó al estar constantemente buscando resultados”; “realmente no sé si esto puede considerarse una obsesión, pero se me hacía insoportable no mirar cada día lo que publicaban estas páginas”.

En las redes sociales Tik Tok, Twitter y WhatsApp pudimos comprobar la existencia de la comunidad pro-Ana y Mía cuyo principal objetivo, tal y como nos afirmó una de las creadoras de un grupo Pro Ana y Mía de WhatsApp, era difundir información, tips y consejos sobre la comida para evitar ganar peso y mantener controladas sus ganas de comer.





Al acceder a la red social Instagram pudimos demostrar la existencia de una comunidad denominada Body Positive, estrechamente relacionada con la comunidad ED-recovery en la que los integrantes de la misma se apoyaban a salir del círculo vicioso de la enfermedad y se animaban cada vez que uno de los participantes caía en los hábitos y/o pensamientos propios de la AN o BN.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Esteban Brau, B. (2017). *Seré Frágil: una historia de anorexia en la que decidí vivir*. Madrid. Editorial Planeta.
- Lago Blanco, E., Carrera, M, Bermúdez, C. y Seijas, R. (2012). *Influencia de las páginas pro anorexia y pro-bulimia en un grupo de pacientes con trastornos de la conducta alimentaria*. Fundación Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6250642>
- López G., C. y Treasure, J. (2011). *Trastornos de la conducta alimentaria en adolescentes: descripción y manejo*. *Revista Médica Clínica Las Condes*. Vol. 22. Núm. 1. Tema central: Medicina de la adolescencia páginas 85-97 (Enero 2011). <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes202-articulo-trastornos-conducta-alimentaria-adolescentes-descripcionS0716864011703960>
- Makarov, A. (2020). *Me he infiltrado un mes en grupos de WhatsApp de anoréxicas y bulímicas, y así ha sido mi día a día*. Xataka. Medicina y salud. <https://www.xataka.com/medicina-y-salud/me-he-infiltrado-mes-grupos-whatsapp-anorexicas-bulimicas-asi-ha-sido-mi-dia-a-dia-1>
- Ramos Kurland, M.V (2016). *La comunidad pro ANA y su influencia sobre los trastornos de la conducta alimentaria*. *Facultad de Ciencias de la Educación*. Universidad de Cádiz (UCA). [https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/18613/TFG%20%28RamosKurland\\_Victoria%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/18613/TFG%20%28RamosKurland_Victoria%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rica, R. (2019). *Cuando los TCA conocieron las redes sociales*. Instituto Centta. <https://centta.es/articulos-propios/cuando-los-tca-conocieron-las-redes-sociales>



## Green, social and sustainability bonds. Millennials como perfil inversor

/ TERCER PREMIO Y ESTANCIA CSIC

**AUTORA** | NOELIA ROS OTÁLORA

**COORDINADOR** | SALVADOR NAVARRO CASTILLO

**CENTRO** | IES ALCÁNTARA

**CIUDAD** | ALCANTARILLA-MURCIA

### RESUMEN |

Esta investigación tiene como objetivos el análisis de los bonos ESG<sup>1</sup> en cuanto a su definición, riesgos y oportunidades para el inversor, al igual que investiga el perfil del inversor *millennial* ante la compra de estos activos financieros novedosos en el mercado. Para su realización, primeramente se realizó una búsqueda y análisis de documentos oficiales, artículos y trabajos. Paralelamente, para corroborar cierta información y ampliar el análisis, se realizaron entrevistas con diferentes bancos (BBVA, Santander, Bankia y Sabadell).

En este estudio, se determinan los protocolos de control y transparencia necesarios para la emisión de los bonos ESG desde el marco de la Unión Europea. Se realizó además una inversión real en un fondo de inversión sostenible, para comprobar su funcionamiento y rentabilidad, la cual se detalla en el estudio, destacando el buen resultado del mismo. Por último, se realizó una encuesta a una muestra de 343 personas, dentro del segmento de población *millennial* (actualmente entre 24 y 39 años), para constatar la idoneidad de estas personas como perfil inversor en bonos ESG, lo que fue constatado en el análisis de la encuesta. Toda la información considerada relevante ha sido expuesta de manera detallada en el mismo.

Según las conclusiones obtenidas, la rentabilidad financiera de los bonos ESG suele estar ligeramente por debajo de la de los bonos tradicionales, aunque proporciona otros tipos de retornos no financieros.

<sup>1</sup> ESG (Environmental, Social and Governance; desempeño ambiental, social y de gobierno corporativo)



### ABSTRACT |

This research aims to analyze ESG bonds in terms of their definition, risks and opportunities for the investor, as well as to investigate the profile of the *millennial* investor when buying these new financial assets in the market. To carry it out, a search and analysis of official documents, articles and works was first carried out. At the same time, to corroborate certain information and expand the analysis, interviews were conducted with different banks (BBVA, Santander, Bankia and Sabadell). In this study, the control and transparency protocols necessary for the issuance of ESG bonds from the framework of the European Union are determined. A real investment was also made in a sustainable investment fund, to verify its operation and profitability, which is detailed in the study, highlighting its good results. Finally, a survey was conducted on a sample of 343 people, within the *millennial* population segment (currently between 24 and 39 years old), to verify the suitability of these people as an investor profile in ESG bonds, which was found in the analysis of the poll. All the information considered relevant has been exposed in detail in it. According to the conclusions obtained, the financial profitability of ESG bonds is usually slightly below that of traditional bonds, although it provides other types of non-financial returns.



## 1. INTRODUCCIÓN

Sin duda alguna, hoy en día el mundo de la economía está más inmerso que nunca en nuestro quehacer diario. Vivimos en una sociedad de consumo de la que, por más que queramos, es difícil escapar. Quizá este sea el kit de la cuestión. Todos somos en cierto modo inversores de esta sociedad en la que estamos inmersos, y por ello es de vital importancia que la economía y la conservación y respeto de nuestro planeta continúen su travesía cogidos de la mano, mirando de esta forma a un único futuro común. Y deben hacerlo sin fisuras, sin dudas, sin miedo, y teniendo en cuenta, en todo momento, el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En este ámbito, las finanzas tienen algo que aportar, a través de los bonos ESG. Este proyecto de investigación se centra en el estudio del funcionamiento y de un perfil inversor afín, de unos bonos de carácter novedoso y actual del tipo socialmente responsable; los denominados bonos ESG (Environmental, Social and Governance; desempeño ambiental, social y de gobierno corporativo).

## 2. ANTECEDENTES

La cuestión que estudiamos es reciente pero con una **evolución acelerada**; fue en 2007 cuando el Banco Mundial lanzó su primer bono verde, y desde entonces, el mercado de las finanzas verdes ha tenido una evolución ascendente a nivel mundial y en concreto en España.

La emergencia del cambio climático, la escasez de recursos y la demanda de agua llevó a la **Unión Europea a elaborar y aprobar en 2018 el Plan de Finanzas Sostenibles**. En él se acuerdan una serie de acciones como fomento de inversiones en proyectos sostenibles o la incorporación de la "sostenibilidad" al ofrecer asesoría financiera.

Según estudios realizados por diferentes organismos, como Spainsif (plataforma formada por entidades interesadas en promover la Inversión Sostenible y Responsable en España), se ha considerado desde el primer momento una proyección prometedora, creando así un espacio integrado por entidades financieras, entidades gestoras, proveedores de servicios ISR (Inversión Socialmente Responsable), organizaciones sin ánimo de lucro vinculadas a la ISR y sindicatos.

Han resultado significativos para este estudio el trabajo "**Los bonos verdes**", **Hinojosa (2018)**, y el trabajo "**La inversión socialmente responsable a través de los bonos verdes**", **Escauriaza (2020)**.



## 3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las inversiones sostenibles tienen una progresión muy en alza y prometedora, tanto por las empresas y organismos emisores como por los perfiles inversores cada vez más interesados.

La hipótesis inicial sobre la participación en inversiones sostenibles es que esta es más baja que la tradicional, a pesar de no tener una rentabilidad muy diferenciada a la de los bonos convencionales. Además, se espera que las empresas emisoras de este tipo de bonos se caractericen de manera especial. Asimismo, también se encuentran diferencias entre los perfiles demográficos destacando especialmente la población *millennial*.

En esta línea se han trazado los objetivos de esta investigación:

1. Analizar qué son los bonos verdes, sociales y sostenibles y determinar su evolución y crecimiento.
2. Identificar riesgos y oportunidades de estas finanzas.
3. Llevar a cabo una inversión real en un fondo de inversión sostenible.
4. Realizar un estudio sobre la propensión a la inversión *millennial*.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

**En la recogida y análisis de información**, el punto de partida ha sido iniciarse en la formación sobre el tema de la economía sostenible con:

**Lectura de informes y artículos** de inversiones socialmente sostenible.

**Asistencia a una Webinar** (el 26 de junio de 2020, organizada por Value School sobre La Importancia de la Inversión Sostenible).

**En la fase experimental**, se ha acompañado la información obtenida en la parte anterior con una serie de procesos experimentales tales como:

**Entrevistas a directivos de oficinas de algunas de las principales entidades financieras** de nuestro país, BBVA, Bankia y Banco Sabadell, y a **un profesor catedrático de secundaria** de la especialidad de Administración de Empresas.

Encuesta online a una muestra de 343 personas consideradas *millennials*.

De modo experimental se invirtieron 500 €, para conocer de primera mano su funcionamiento y rentabilidad, en un fondo llamado BBVA FUTURO SOSTENIBLE ISR, FI, Fondo de Renta Fija Mixta Internacional, que aplica criterios valorativos de Inversión Socialmente Responsable.



## 5. RESULTADOS

### 5.1 ¿QUÉ SON LOS BONOS ESG?

Los **bonos de carácter socialmente responsable**, son emisiones de renta fija, realizadas por entidades o instituciones públicas o privadas, con el fin de financiar actividades basadas en proyectos que cuidan y miran por el medio ambiente y/o la sociedad, generando un impacto positivo hacia ellos. Estos bonos son los denominados **bonos ESG**, por sus siglas en inglés, (Environmental, Social and Governance; desempeño ambiental, social y de gobierno corporativo). Dentro de este grupo de bonos encontramos los bonos verdes (para financiar principalmente proyectos que miran por el medio ambiente, como la prevención y control de la contaminación o la adaptación al cambio climático), los bonos sociales (financian como primer objetivo proyectos de carácter social, con fines relacionados con la pobreza o la igualdad de género) y por último, los bonos sostenibles (mezcla de los dos anteriores, financian proyectos relacionados con el medio ambiente y la sociedad).

En numerosas ocasiones, los proyectos verdes incluyen **beneficios sociales**, y a su vez, proyectos sociales que involucran **beneficios medioambientales**. No obstante, la clasificación del uso de fondos como bono verde, bono social o bono sostenible se determina por la elección en cuanto a los objetivos principales por parte del emisor.

Destaca el hecho de que los bonos verdes no deben ser fungibles con otros bonos que no se adapten a los cuatro componentes principales de los GBP (Los Principios de los Bonos Verdes), al igual que los bonos sociales no se deben considerar fungibles con otros bonos que no se encuentren bajo los cuatro componentes principales de los PBS (Principios de los Bonos Sociales). Los bonos sostenibles tampoco deben considerarse fungibles con bonos que no estén alineados con los cuatro pilares fundamentales de los Principios.

Según la última edición del informe *Global Sustainable Fund Flows*, elaborado por Morningstar, **el universo sostenible global atrajo 185.300 millones de dólares en entradas netas en el primer trimestre de 2021**, un 17% más que los 158.300 millones de dólares del trimestre anterior.

Este crecimiento puede ser debido por el **continuo interés de los inversores por las cuestiones ESG, especialmente a raíz de la crisis del COVID-19**.

**A nivel nacional destaca la empresa Iberdrola**, que en 2014 se convirtió en la primera empresa española en emitir un bono verde. El grupo es un modelo de referencia internacional en este tipo de financiación y continúa siendo el grupo empresarial líder mundial en emisión de bonos verdes en el mundo, con más de 13.200 millones de euros vía mercados de capitales.



En cuanto al destino de los fondos recaudados por emisiones de este tipo de bonos ESG se señala que en primer lugar, con un 37% se encuentra el uso de los fondos destinados a energías renovables. En segundo lugar, un 30% destinado a edificios. Cabe destacar que la crisis derivada del COVID-19, ha sacado a relucir el mercado de los bonos sociales, destinados a financiar proyectos que buscan mitigar un problema social específico. En este caso, se han realizado grandes emisiones dirigidas a la financiación de infraestructuras básicas, a I+D+I o al sector sanitario. En tercer lugar, con un 19%, transporte. Seguidamente, con un 7%, agua. Y finalmente, con apenas un 2% cada uno, encontramos los fondos destinados a residuos, industria y otros.

### 5.2 TAXONOMÍA DE LA UNIÓN EUROPEA

**La taxonomía europea sostenible, es una herramienta que** clasifica las diferentes actividades económicas que se relacionan con los objetivos medioambientales de la Unión Europea. Esto permite saber a los inversores, de manera objetiva, si su actividad económica es medioambientalmente sostenible o no.

En marzo de 2018, la Unión Europea creó un plan de acción en finanzas sostenibles, para lo que nombró a un grupo de 35 expertos quienes definieron una clasificación de 72 actividades que debían cumplir tres criterios de contribuir a una economía neutra en carbono, no dañar significativamente otros objetivos medioambientales y llevar a cabo su actividad con un mínimo de estándares éticos y laborales.

Con estos criterios, que deben ser cuantificables y medibles, la taxonomía busca perseguir 6 objetivos (la mitigación del cambio climático, adaptación al cambio climático, sostenibilidad y protección de agua y recursos marinos, transición a una economía circular, prevención y control de la contaminación y protección y restauración de la biodiversidad y ecosistemas).

Por lo tanto, para que una actividad económica se encuentre bajo la taxonomía europea sostenible, debe demostrar que contribuye con alguno de los objetivos medioambientales, que no perjudica a ninguno de los otros cinco y que cumple con las garantías sociales mínimas.

### 5.3 OPORTUNIDADES Y RIESGOS

En cuanto a **las oportunidades** que nos ofrecen este tipo de bonos, a pesar de ser instrumentos de renta fija con una rentabilidad algo inferior a la de los bonos tradicionales, tienen como objetivo enfrentarse a los problemas medioambientales y sociales, muy presentes en la actualidad, por lo que son un tipo de emisiones de deuda muy necesarias y recomendables por cualquier institución que mire por los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.



**Respecto a los riesgos**, los bonos verdes suelen tener la misma calificación crediticia que el emisor. Sus riesgos coinciden, por tanto, con los de un bono tradicional. Además, los riesgos relacionados con los tipos de interés son los mismos que en el caso de los bonos convencionales.

#### 5.4 TRANSPARENCIA Y CONTROL

En lo que se refiere a **transparencia y control** en la emisión de bonos verdes, los GBP (*The Green Bond Principles*; Principios de los bonos verdes) y los PBS (*Social Bond Principles*; Principios de los bonos sociales) son guías voluntarias para emisores, inversores y entidades intermediarias que recomiendan transparencia, divulgación e integridad de información en el mercado de bonos verdes, sociales y sostenibles, que será publicada y presentada por los emisores a todas las partes interesadas. Atañen desde el procedimiento a seguir para su diseño y uso hasta su publicación. Estos Principios son:

**1. Uso de los fondos en proyectos sociales y/o ambientales;** es la utilización de los fondos de los bonos, que deberán describirse de forma adecuada por el emisor, así como evaluarlos y cuantificarlos de ser posible.

**2. Transparencia en el proceso de evaluación y selección de proyectos;** el emisor debe comunicar de forma clara los objetivos de sostenibilidad ambiental y/o social, el proceso mediante el cual el emisor determina cómo los proyectos encajan dentro de las categorías de proyectos verdes y proyectos sociales elegibles, y los criterios de elegibilidad relacionados, incluyendo, si procede, los criterios de exclusión o cualquier otro proceso orientado a identificar y gestionar riesgos ambientales y sociales potencialmente importantes asociados a los proyectos.

Es beneficioso que el proceso de evaluación por parte del emisor se complemente con una revisión externa.

**3. Claridad en la gestión de los fondos;** los fondos netos obtenidos por los bonos, o un importe igual a estos fondos netos, deben ser acreditados a una subcuenta, trasladada a una sub-cartera o rastreada de otra manera por el emisor de manera apropiada, quien tendría que corroborar de una forma interna y formal vinculada a los préstamos y operaciones de inversión para proyectos verdes y sociales.

Se ajusta el balance de bonos durante la vida útil del bono periódicamente para que coincida con las asignaciones a los Proyectos Verdes y Proyectos Sociales elegibles realizadas durante todo ese periodo. El emisor debe dar a conocer los movimientos que se realicen. Además, es aconsejable que esta gestión se complemente con la revisión de un auditor u otra tercera parte para verificar el método de seguimiento interno y la asignación de fondos del bono.

**4. Elaboración de informes actualizados y de fácil acceso;** los emisores deben hacer y mantener, fácilmente disponible, información actualizada sobre el uso de los fondos, de manera anual y cuando ocurran hechos relevantes. Los informes deben incluir una enumeración de los proyectos y las cantidades que se asignan, así



como el impacto esperado. Los GBP y los PBS recomiendan el uso de indicadores de desempeño cualitativos y cuando sea factible cuantitativos y divulgación de la metodología subyacente clave y/o supuestos utilizados en la determinación cuantitativa. Se alienta a los emisores con la capacidad de monitorear los impactos logrados a incluir aquellos en sus informes periódicos.

Además de estos principios, se realizan distintos tipos de evaluaciones externas independientes; Dictamen Independiente o *Second party opinion*, verificación independiente, certificación respecto a estándares o certificados externos reconocidos o rating.

#### 5.5 RENTABILIDAD E INVERSIÓN

En cuanto a **rentabilidad**, es cierto que es difícil catalogarla, ya que esta se ve afectada por la ley de la oferta y la demanda y no se puede establecer una cifra exacta. Sin embargo, suele ser muy similar aunque algo inferior a la de los bonos convencionales, destacando el hecho de que **aporta un valor añadido al entorno y a la sociedad**, por lo que, a menudo, los beneficios totales (económicos y no económicos) obtenidos en este tipo de inversiones, se cuantificarán dependiendo en gran parte de la persona, empresa u entidad en cuestión y de sus objetivos o resultados esperados. En este sentido destaca el concepto **greenium** (diferencial extra que un inversor requeriría para comprar un bono ESG), ya que estos inversores están dispuestos a pagar más con fin de que su dinero se destine a proyectos ambientales y/o sociales. De acuerdo con los datos de la firma Lyxor los fondos con un componente de gestión medioambiental, social y de buen gobierno (ESG) han rentado un 0,13% menos que sus comparables no sostenibles, entre junio de 2020 y junio de 2021.

En este sentido, los resultados de la **pequeña inversión realizada** (500 €), con motivo de esta investigación, han sido satisfactorios, puesto que la **rentabilidad económica obtenida** hasta el momento ha sido de un 3,84% en tan solo 7 meses. A esto se le suma el **valor añadido del beneficio extra económico** de carácter socialmente responsable, teniendo personalmente la seguridad de que el destino de estos ahorros ha ido dirigido a empresas que integran en su estrategia y operativa oportunidades de minimización de riesgos medioambientales, sociales y de gobernabilidad.

#### 5.6 PERFIL INVERSOR Y RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA

Sobre el **perfil inversor más idóneo**, destacan los **millennials**. Según un estudio realizado por 'First State Investments' en colaboración con Kepler Cheuvreux, un 81% de la población *millennial* encuestada afirmó estar interesado o muy interesado en inversiones socialmente responsables o sostenibles.



Se realizó una encuesta online dirigida a una muestra de población de 343 personas de la Región de Murcia, de las cuales, el 43,5% (148 personas) tienen entre 24 y 39 años, son por tanto generación *millennial*. Como se puede observar, el 86,5% de la población encuestada, busca rentabilidad social y medioambiental y no solo económica. En cuanto a los *millennials* son el 90,5%. Solamente el 6,2% del total de la población (343 personas) ha invertido alguna vez en bonos de naturaleza ESG, así como del segmento de la población *millennial* lo ha hecho en un 6% [este porcentaje es importante teniendo en cuenta que el segmento es menor (89 personas)]. Por otro lado, observamos también que el 37% invertiría en el futuro en estos bonos responsables si tuviera las condiciones personales necesarias, el 58,3% tal vez y solo un 4,7% no lo haría.

Finalmente, se deben destacar de los resultados de la encuesta, que la mayoría, más del 70%, encuentra muy interesante el concepto de inversión sostenible, frente al 0,6% cuya motivación es nula. Sin embargo, tan solo un 6% de esta población de entre 24 y 39 años ha realizado inversiones de este tipo, ya que, por términos generales, no suele tener una posición económicamente estable y están pendientes de otras inversiones como pueden ser una vivienda, una familia, formación académica o profesional, etc.

### 5.7 OPINIÓN DE EXPERTOS

Se entrevistó al Equipo de Financiación en el Mercado de Titulización de la Dirección Financiera de Banco Sabadell (Barcelona), el pasado 30 de noviembre de 2020, así como a D<sup>a</sup>. Laura Fernández Martínez, Directora Comercial de BBVA Contigo en Alcantarilla (Murcia). Todos coinciden en que este tipo de inversiones sostenibles deberían ser más fomentados, ya que uno de los motivos principales en no invertir en emisiones de carácter ESG es la escasa divulgación y desconocimiento de los mismos, aunque esto empieza a cambiar, ya que en los últimos dos años las cifras de emisión se incrementan a pasos agigantados; a 15 de julio de 2020 fueron registrados 10.646 millones de euros en emisiones sostenibles, habiendo superado a la emitida durante todo 2019 (9.756 millones de euros). Eso no es todo, las perspectivas de futuro son muy positivas a pesar de la situación actual debida a la COVID-19; se espera que la emisión de bonos ESG aumente y alcance cifras aún mayores a las de los últimos años. Esto se debe a que los bancos empiezan a emitir este tipo de bonos, no sólo al mercado mayorista, sino también al mercado minorista (como es el caso del Banco Santander, que recientemente ha anunciado la puesta a la venta de su primer bono verde a particulares), como por el interés que muestran los particulares en las oficinas bancarias demandando este tipo de productos.

## 6. CONCLUSIONES

Todas las alarmas han saltado. Debemos ser conscientes de que nuestra socie-



dad no puede avanzar económicamente sin tener en cuenta las variables sociales y naturales que, por doquier están clamando su necesidad de ser tenidas en cuenta. **La economía debe progresar respetando el medioambiente y las discriminaciones sociales.**

Como miembros activos de la sociedad en la que nos ha tocado vivir, nos hemos visto integrados en el mundo del consumo, y en este sentido, vamos a desempeñar, lo queramos o no, el papel de **consumidores**. Hay que adjuntar de manera inexcusable a este sustantivo el adjetivo de **responsables**.

La tendencia a la **inversión sostenible**, en bonos ESG, es una realidad que avanza de manera imparable, como herramienta para financiar la actividad económica que permita hacer frente a las necesidades actuales, pero garantizando la sostenibilidad futura, aportando **no solo rentabilidad financiera sino extrafinanciera**.

Desde el diario económico El Economista (2019) se analiza la rentabilidad de los bonos verdes, llegando a la conclusión de que los bonos verdes son un poco menos rentables “si nos fijamos en el *Bloomberg Barclays Euro Aggregate Corporate Total Return* (índice representativo de una cesta de bonos corporativos globales grado de inversión), tienen un rendimiento proyectado de un 0,55%. Una cesta similar de bonos verdes (recogida en el *Bloomberg Barclays Euro Green Bond Corporate*, también en euros y también *total return*) ofrece un 0,46%”.

Es necesario **anar criterios** a nivel mundial respecto a los objetivos de desarrollo sostenible por los que se rigen las empresas. Así mismo se demandan **mayores incentivos fiscales y medidas legislativas** en el ámbito financiero.

Según el estudio de esta **investigación y de la inversión experimental**, observamos que la rentabilidad financiera de los bonos ESG suele estar ligeramente por debajo de la de los bonos tradicionales, lo conocido como concepto **greenium** (diferencial extra que un inversor requeriría para comprar un bono ESG). En concreto entre junio de 2019 y junio 2020 han rentado un 0,13% menos que sus comparables no sostenibles. A pesar de ello, los bonos ESG acarrear **ventajas extrafinancieras respecto de los convencionales**:

#### VENTAJAS PARA EMISORES:

Las empresas emisoras buscan inversiones que **favorezcan a la sociedad y el medioambiente**. Estas empresas buscan tener un papel importante en la construcción **de un futuro mejor**, aportando capital hacia una economía más sostenible, ayudando a crear empleos, desarrollar comunidades, fomentar la movilidad económica y abordar los mayores desafíos de la sociedad en todo el mundo.



Tener una **imagen social responsable**, que le haga mejorar su balance social y su RSC (Responsabilidad Social Corporativa), así como su reputación empresarial. Las inversiones sostenibles pueden generar ventajas competitivas para las empresas que las realizan.

#### VENTAJAS PARA INVERSORES:

Suelen **comprar para retener**, ya que durante la vida de la emisión los fondos ESG suelen tener un carácter más permanente, son menos volátiles, muestran una menor tendencia a movimientos extremos cuando se producen correcciones en el mercado amplio. Cada vez es más común que los inversores piensen que **pueden invertir para cambiar el mundo**.

Por último, destacar que la finalidad principal de esta investigación es **mostrar a posibles inversores**, carentes de experiencia en inversiones financieras, entre los que destaca la población *millennial*, la posibilidad de compra de estos productos, que no sólo implican un beneficio económico sino también una mejora medioambiental y social en el mundo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Banco Mundial. (s.f.) Recuperado de <https://www.bancomundial.org/>

Bankia. (s.f.) Recuperado de <https://www.bankia.es/es/particulares>

BBVA. (s.f.) Recuperado de <https://www.bbva.es/personas.html>

CaixaBank. (s.f.) Recuperado de <https://www.bolsadesantiago.com/>

Escauriaza, L. (2020). La inversión socialmente responsable a través de los bonos verdes. [Trabajo fin de grado]. Universidad de Madrid.

Fernández, JC. (2018). *Los bonos verdes* [Trabajo fin de grado]. Universidad de Sevilla.

Iberdrola. (s.f.) Recuperado de <https://www.iberdrola.es/>

ICMA. (s.f.) Recuperado de <https://www.icmagroup.org/>

Sabadell. (s.f.) Recuperado de <https://www.bancsabadell.com/cs/Satellite/SabAtl/>

Santander. (s.f.) Recuperado de <https://www.bancosantander.es/particulares>

Spainsif. (s.f.) Recuperado de <https://www.spainsif.es/>



## ¿Podemos mejorar el bienestar emocional de los estudiantes de secundaria en menos de 10 minutos? Prácticas basadas en la música, la relajación y el silencio

/ ACCÉSIT

**AUTORA** | BERTA BELMONTE RAMÍREZ

**COORDINADOR** | JUAN JESÚS YELO CANO

**CENTRO** | IES FLORIDABLANCA

**CIUDAD** | MURCIA

### RESUMEN |

Como consecuencia de los elevados niveles de estrés en estudiantes de educación secundaria, en el presente estudio se trata de averiguar si, mediante la realización de prácticas de escucha de música contemplativa, de silencio y de relajación-mindfulness se consiguen disminuir a corto plazo sus niveles de estrés, así como mejorar su estado de ánimo y bienestar. En las hipótesis se plantea que el nivel de mindfulness y de contentamiento de los alumnos será mayor tras dichas actividades, y que su estado de ánimo tenderá hacia valores de mayor placer y desactivación. En cuanto a la metodología, después de elaborar los cuestionarios y las escalas de mindfulness, Bienestar Subjetivo y Estado de Ánimo, se realizó un estudio previo para escoger la música que se emplearía en el estudio principal. En este último, se llevaron a cabo las prácticas y se pasaron las encuestas de las escalas a los alumnos. Una vez analizados los resultados obtenidos mediante el programa SPSS, se pudo concluir que, en general, sí que se puede mejorar el bienestar, el estado de ánimo y el grado de estrés de los alumnos de secundaria mediante actividades muy fáciles de poner en práctica como lo son, escuchar música o estar en silencio.



### ABSTRACT |

As a consequence of the high levels of stress in secondary school students, the present study aims to find out whether, by means of contemplative music listening, silence and relaxation-mindfulness practices, their stress levels can be reduced in the short term, as well as their mood and well-being improved. The hypothesis is that the students' level of mindfulness and contentment will increase after these activities, and that their mood will tend towards values of greater pleasure and deactivation. In terms of methodology, after developing the questionnaires and the mindfulness, Subjective Well-being and Mood scales, a preliminary study was carried out in order to choose the music to be used in the main study. In the latter, the practices were carried out and the surveys of the scales were given to the students. After analysing the results obtained using the SPSS programme, it was possible to conclude that, in general terms, it is possible to improve the well-being, mood and stress level of secondary school pupils through simple activities such as listening to music or being in silence.





## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el nivel de estrés de los alumnos en centros de educación secundaria es muy elevado (García-Ros y Pérez-González, 2016). Ante esta situación, parece adecuado buscar estrategias que contribuyan a mejorar el manejo del estrés y a favorecer el bienestar emocional de los estudiantes. Así, en el presente estudio se pretende analizar los niveles de mindfulness, bienestar y estado emocional de alumnos de educación secundaria en un día lectivo, para averiguar si existen métodos que aplicados de manera puntual dentro de la rutina académica puedan contribuir a la mejora del grado de estas tres variables.

Mindfulness es, según su introductor en la cultura occidental, Jon Kabat-Zinn, “la conciencia que surge de prestar atención de forma intencional a la experiencia tal y como es en el momento presente, sin juzgarla, sin evaluarla y sin reaccionar a ella” (1994, p. 4). Es un término multifacético, y se puede dividir en dos tipos según García y Demarzo (2018): mindfulness rasgo (atributo consistente de la personalidad) y mindfulness estado (situación psicológica temporal, capacidad de mantener la atención a propósito en un objeto concreto con aceptación y amabilidad). Este proyecto se centra en el segundo tipo. El bienestar subjetivo (en adelante, BS), podría definirse, según Taylor et al. (2017), como un fenómeno psicológico relacionado con la satisfacción, la esperanza, el optimismo, la felicidad y el bienestar. Se pueden distinguir dos componentes: el equilibrio afectivo y la satisfacción con la vida. En este estudio se tratará el primer caso, que se refiere a las reacciones puntuales a eventos concretos que suceden en el curso de la vida del sujeto. En cuanto al estado de ánimo (en adelante, EA), es importante comprender no significa lo mismo que “emoción”, ya que, o no tiene un evento o estímulo claro que lo ocasione, o no es claramente identificable por quien lo experimenta.

En relación a las prácticas de intervención que se plantean en este estudio, para facilitar su implementación en el ámbito educativo, deben ser de una corta duración de tiempo, así como económicamente asequibles. Estas prácticas fueron: escucha de música contemplativa (aquella que favorece un estado de atención a la realidad presente de forma tranquila y placentera), una sesión de mindfulness-relajación, y una práctica del silencio.

Diversos estudios confirman el beneficio de estas actividades en los niveles de bienestar emocional y estrés de la población: Eckhardt y Dinsmore (2012); García y Demarzo (2018); Bernardi, Porta, y Sleight (2006); Chávez Rosas y Manco Arias (2020); Darío Pescador (2019); Ángel Rull (2019); MYRIAD, 2016; Linares-Moreno (2019).



## OBJETIVOS

El objetivo general es determinar si en un contexto de enseñanza reglada, los niveles de mindfulness estado, bienestar subjetivo presente o estado emocional varían tras la práctica de determinadas actividades: escuchar música contemplativa, realizar una sesión de relajación-mindfulness o realizar una práctica de silencio. Los objetivos específicos son, en primer lugar, analizar en qué grado cada una de estas actividades, aplicadas de forma puntual, afectan a la atención plena, el bienestar subjetivo y el estado de ánimo, comprobando cuál o cuáles de ellas es la más efectiva. También se pretende descubrir qué tipos de música creen los alumnos encuestados que favorecen su propio estado de relajación-mindfulness, no solo para seleccionar la música con la que se realizará la sesión, sino también para descubrir posteriormente si aquella música que los sujetos creen que les relaja y favorece su atención plena, realmente lo hace.

## HIPÓTESIS

1. El nivel de mindfulness estado en los alumnos será mayor tras la realización de la práctica de escucha de música contemplativa, la práctica en silencio y la práctica de relajación-mindfulness.
2. El nivel de contentamiento en los alumnos será mayor tras la realización de la práctica de escucha de música contemplativa, la práctica en silencio y la práctica de relajación-mindfulness.
3. El estado de ánimo tenderá hacia valores de mayor placer y desactivación tras la práctica de escucha de música contemplativa, la práctica en silencio y la práctica de relajación-mindfulness.

## MUESTRA

Consta de alumnos de entre 11 y 19 años del Instituto de Enseñanza Secundaria Floridablanca de Murcia, España. Tres grupos de 1º ESO (en total 44 alumnos) y tres grupos de 2º Bachillerato (en total 72 alumnos). Un total de 116 alumnos.

## METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

**Estudio previo:** Antes de realizar el estudio principal, se confeccionó una lista de cinco piezas de música contemplativa (acotada previamente por la investigadora y su tutor), cada una de una reducida a una duración de entorno a un minuto. Se pasó, en una sesión de aproximadamente veinte minutos, una encuesta (“Formulario Google”) donde se les pedía a los 40 alumnos de educación secundaria que la rellenaron que seleccionasen aquellos fragmentos que creían que les generaban un mayor estado placentero, de serenidad y de tranquilidad. Además, se añadió una pregunta abierta en la que se podía añadir



cualquier género musical o pieza concreta que el sujeto escuche para favorecer dicho estado. Se seleccionaron para el estudio aquellas piezas que obtuvieron una puntuación más alta o que fueron nombradas un mayor número de veces.

**Estudio principal:** Se elaboraron dos encuestas de “Formularios Google”, una para el pretest y otra para el postest. La duración de esta sesión fue de aproximadamente una hora lectiva. En estas encuestas se incluyó: La escala sociodemográfica (curso, edad); La adaptación al español de la State Mindfulness Scale (SMS) (Tanay et al., 2013); La traducción al español de la State Contentment Measure (SCM) (Taylor et al., 2017); La escala de Estado de Ánimo. Entre la encuesta pretest y la postest se llevaron a cabo las manipulaciones experimentales con los grupos de alumnos. Todas las prácticas se pasaron a un grupo de 1º de ESO y a otro de 2º de Bachillerato.

Por último, se estudiaron y analizaron los resultados obtenidos haciendo uso del programa estadístico SPSS. Se obtuvieron las puntuaciones de cada sujeto en las escalas utilizadas (media de los valores de los ítems de cada escala) y se realizaron pruebas estadísticas de diferencia entre medias de muestras emparejadas entre cada par PRE-POS, para comprobar si existen diferencias significativas en el nivel de dicha variable antes y después de la intervención según la condición. Por último, se volvió a segmentar el archivo teniendo en cuenta la variable sociodemográfica “curso”, y se llevaron a cabo las mismas pruebas estadísticas, con el fin de comprobar la existencia de posibles diferencias en los resultados encontrados entre los dos grupos de edad.

### INSTRUMENTOS DE MEDIDA

**Cuestionario para la selección de música contemplativa:** Se confeccionó una lista de cinco piezas musicales favorecedoras del estado de contemplación. Los criterios para su selección fueron: Tempos medios o lentos para que el ritmo cardíaco no se vea aumentado; Música sin letra o en un idioma distinto al castellano para que los resultados no se vean afectados por ella; Intensidad (volumen) lo más constante posible. Las piezas seleccionadas finalmente para el estudio previo fueron: Desafinado (Jobim, 1959, 4m16s); Lascia ch'io pianga (Händel, 1711, 4m58s); Chariots of fire (Vangelis, 1981, 3m21s); Deep Listening (Oliveros, 1989, 1h3m18s); y New York State of Mind (Joel, 1976, 6m46s).

**Escala de mindfulness estado:** Se hizo una adaptación de la escala State Mindfulness Scale (SMS), de Tanay et al., 2013, que evalúa la experiencia del entrevistado durante los últimos 15 minutos. Esta estuvo finalmente compuesta por 9 ítems con una escala del 1 al 7, donde cada número significa el grado en el que se refleja su estado en el momento presente, siendo 1 nada y 7 mucho. Presenta dos subescalas: mindfulness estado de los eventos mentales (emociones y pensamientos) y mindfulness estado del cuerpo.



**Escala de bienestar subjetivo:** Se hizo uso de la escala State Contentment Measure (Taylor et al., 2017), formada por 10 ítems con una escala del 1 al 7, donde 1 significa totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo. Está dividida en dos factores: Afecto cognitivo, que se relaciona con las percepciones de contentamiento; y estado físico, que se refiere a la condición física de contentamiento.

**Escala de Estado de Ánimo:** Se elaboró una lista de ocho adjetivos (basada en la propuesta de ejes ortogonales de Yik et al. (1999)) con una escala del 1 al 7, donde 1 significa totalmente en desacuerdo y 7 totalmente de acuerdo. Estos adjetivos están ubicados en las dos dimensiones propuestas por dichos autores: activación-desactivación y placer-displacer. Se seleccionaron dos adjetivos de cada subgrupo formado por ambas dimensiones: nervios@ y estresad@ (activación-displacer), deprimid@ y cansad@ (desactivación-displacer), feliz y alegre (activación-placer) y calmad@ y relajad@ (desactivación-placer). Según Ávila y Giménez (1991), las listas de adjetivos son procedimientos de evaluación adecuados, sencillos y fiables para la medición de estado de ánimo situacionales, y además son sensibles a cambios en cortos periodos de tiempo.

### PRÁCTICAS DE INTERVENCIÓN

**Práctica de escucha de música contemplativa:** A partir del estudio previo, se seleccionó un fragmento de New York State of Mind, otro de una pieza clásica y otro de una pieza de lofi (Mellow Vibe). La audición resultante de los tres fragmentos, separados por un silencio de aproximadamente cinco segundos, dio lugar a un audio de una duración de siete minutos.

**Práctica de silencio:** Se realizó una sesión de siete minutos en la que los sujetos únicamente tenían que permanecer en silencio.

**Práctica de relajación-mindfulness:** Vídeo de Kaixin, (2020) MEDITACIÓN GUIADA Para Principiantes/ MINDFULNESS en la Respiración. Tiene una duración de 8m54s.

### RESULTADOS

**Mindfulness:** El mindfulness (general) en los sujetos que realizaron la práctica de **música** no varió significativamente (Sig = ,727), ni tampoco lo hicieron las subescalas de mindfulness mental (Sig = ,894) y corporal (Sig = ,664). Los mismos resultados se obtuvieron en ambos subgrupos, 1º ESO y 2º Bachillerato. En los sujetos que realizaron la práctica de **relajación** tampoco varió significativamente (Sig = ,547), ni tampoco lo hicieron las subescalas de mindfulness mental (Sig = ,493) y corporal (Sig = ,724). Los mismos resultados se obtuvieron en ambos subgrupos, 1º ESO y 2º Bachillerato. En los sujetos que realizaron la



práctica de **silencio** no varió significativamente ni el general (Sig = ,260) ni la subescala de mindfulness corporal (Sig = ,522), pero sí la de mindfulness mental (Sig = ,017). No obstante, el subgrupo de 2º Bachillerato sí que mostró diferencias significativas en el mindfulness general (Sig = ,009), mientras que el de 1º ESO no (Sig = ,660).

**Bienestar Subjetivo:** El bienestar subjetivo (general) en los sujetos que realizaron la práctica de **música** varió significativamente en sentido positivo (Sig = ,000), así como las subescalas de mindfulness cognitivo (Sig = ,028) y físico (Sig = ,000). Los resultados de los subgrupos de 1º ESO y 2º Bachillerato no mostraron estas diferencias. En los sujetos que realizaron la práctica de **relajación** también varió significativamente en sentido positivo (Sig = ,000), así como la subescala de bienestar subjetivo y físico (Sig = ,000), pero no la de bienestar subjetivo cognitivo (Sig = ,098). Sin embargo, el subgrupo de 1º ESO no mostró diferencias significativas ni en el bienestar general (Sig = 0,051), ni en ninguna de las subescalas (cognitivo: Sig = ,162; físico: Sig = ,186). Igualmente, en los sujetos que realizaron la práctica de **silencio** varió significativamente en sentido positivo (Sig = ,000), así como la subescala de bienestar subjetivo física (Sig = ,000), pero no la de bienestar subjetivo cognitivo (Sig = ,053). No obstante, el subgrupo de 1º ESO no mostró diferencias significativas en el bienestar general (,056).

**Estado de Ánimo:** En los sujetos que realizaron la práctica de **música**, los cuatro elementos variaron significativamente: placer (Sig = ,000), en sentido positivo; displacer (Sig = ,003), en sentido negativo; desactivación (Sig = ,006), en sentido positivo; y activación (Sig = ,049), en sentido negativo. Sin embargo, el displacer y la activación del subgrupo de 1º ESO no se vieron modificados significativamente (displacer: Sig = 0,743; activación: Sig = ,475), mientras que los del subgrupo de 2º Bachillerato sí (displacer: Sig = 0,000; activación: Sig = ,039); y, por otro lado, la desactivación de 2º Bachillerato no cambió significativamente (Sig = ,280), mientras que en 1º ESO sí (Sig = ,004). En los sujetos que realizaron la práctica de **relajación**, de los cuatro elementos, únicamente varió significativamente el placer (Sig = ,007), en sentido positivo, mientras que los otros tres elementos no: displacer (Sig = ,076), desactivación (Sig = ,151) y activación (Sig = ,158). No obstante, mientras que el subgrupo de 1º ESO únicamente muestra diferencias significativas en el placer (Sig = ,006), el de 2º Bachillerato no lo hace en el placer (Sig = ,115) y sí en el displacer (Sig = ,004) y en la activación (Sig = ,000). En los sujetos que realizaron la práctica de **silencio**, los cuatro elementos variaron significativamente: placer (Sig = ,000), en sentido positivo; displacer (Sig = ,000), en sentido negativo; desactivación (Sig = ,000), en sentido positivo; y activación (Sig = ,015), en sentido negativo. El subgrupo de 1º ESO no muestra diferencias significativas en el displacer (Sig = ,143) ni en la activación (Sig = ,172), mientras que el de 2º Bachillerato sí que muestra diferencias en los cuatro elementos.



## CONCLUSIONES

Tras analizar los resultados obtenidos se puede comprobar que, en términos generales, van en la misma línea que los estudios citados (Bernardi, Porta, y Sleight, 2006; Chávez Rosas y Manco Arias, 2020; Eckhardt y Dinsmore, 2012), pero a diferencia de esos estudios previos, las intervenciones basadas en la música, la relajación y el silencio, se han aplicado en esta ocasión de una manera puntual y breve. Se pueden destacar las siguientes conclusiones: En primer lugar, se ha mejorado de manera considerable el bienestar subjetivo de los alumnos tras la realización de las tres prácticas, tal como se había predicho en las hipótesis. En segundo lugar, el estado de ánimo ha tendido en términos generales y de forma significativa a valores de mayor placer y desactivación tras la realización de las tres prácticas, como se había estimado. En tercer lugar, los niveles de mindfulness no han variado significativamente después de la realización de las tres prácticas, a diferencia de nuestra hipótesis de partida. Una probable explicación de estos resultados puede venir dada por la necesidad de práctica y entrenamiento para el desarrollo de habilidades de conciencia plena.

Por otra parte, se observa que las tres variables dependientes mejoran más con la práctica de música y de silencio que con la de relajación. A su vez, la música parece ser más efectiva que el silencio a la hora de mejorar el bienestar subjetivo, mientras que el silencio lo es más que la música para mejorar el estado de ánimo. Este último resultado resulta interesante, ya que puede estar indicando la necesidad de reducir la hiperestimulación propia de la sociedad en la que vivimos.

Por tanto, se puede afirmar que, según los resultados obtenidos, sí que se puede mejorar el nivel de bienestar subjetivo y el estado de ánimo de los estudiantes mediante las prácticas de música, silencio y relajación, aunque esta última en menor medida. Sin embargo, el estado mindfulness parece no verse afectado por ninguna de las tres intervenciones, excepto en lo referente al estado mental, que sí se ha mejorado con la práctica de silencio.

Al segmentar los datos en los subgrupos de 1º ESO y 2º Bachillerato, parece que la efectividad de la intervención ha sido, por lo general, mayor en los alumnos de 2º Bachillerato que en los de 1º ESO, lo cual se podría deber a una mayor madurez o seriedad a la hora de realizar las tareas solicitadas.

Para concluir, los resultados del presente estudio permiten plantear que se puede contribuir a mejorar el bienestar y el estado de ánimo de los estudiantes de educación secundaria, así como a reducir su nivel de estrés, por medio de medidas tan sencillas y asequibles como escuchar música o estar en silencio durante unos minutos, favoreciendo así un entorno educativo más agradable y menos estresante.



## BIBLIOGRAFÍA

- Ávila, A. y Giménez, A., (1991). *Los adjetivos en tareas de evaluación psicológica: Propiedades y valor estimular*. Revista de Psicología General y Aplicada, 44, 465-475.
- Berenbaum, H. (2002). *Varieties of joy-related pleasurable activities and feelings*. Cognition & Emotion, 16(4), 473-494.
- Bernardi, L., Porta, C., & Sleight, P. (2006). *Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence*. Heart, 92(4), 445-452.
- Chávez Rosas, M. F. Y., & Manco Arias, L. D. (2020). *Efectos de un programa que utiliza la música como herramienta para reducir el estrés laboral*.
- Coo, C. y Salanova, M. (2016). *Validación española de la escala abreviada Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ): Un estudio piloto*. Ágora de Salud, 103-110.
- Ekman, P. E., & Davidson, R. J. (1994). *The nature of emotion: Fundamental questions*. Oxford University Press.
- Eckhardt, K. J., y Dinsmore, J. A. (2012). *Mindful music listening as a potential treatment for depression*. Journal of Creativity in Mental Health, 7(2), 175-186.
- Fernández, A. R., & Grandmontagne, A. G. (2011). *La estructura tridimensional del bienestar subjetivo*. Anales de Psicología/Annals of Psychology, 27(2), 327-332.
- García, J. y Demarzo, M. (2018). *¿Qué sabemos del mindfulness?* Barcelona: Kairós
- García-Ros, R., & Pérez-González, F. (2016). *Análisis del estrés académico en la adolescencia: Efectos del nivel educativo y del sexo en Educación Secundaria Obligatoria*. Información Psicológica, (110), 2-12.
- Gómez-Martín, M.T.F. (2020). *La influencia del estilo musical en la emoción percibida*. Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical, 17.
- González Quintana, J. A. (2015). *Estado emocional, mindfulness y rendimiento en natación* (Doctoral dissertation).
- Kabat-Zinn, J. *Wherever you go, there you are*. New York: Hyperion, 1994.
- Kuyken, W., Nuthall, E., Byford, S., Crane, C., Dalgleish, T., Ford, T., & Williams, J. M. G. (2017). *The effectiveness and cost-effectiveness of a mindfulness training programme in schools compared with normal*



- school provision (MYRIAD): study protocol for a randomised controlled trial*. Trials, 18(1), 1-17.
- Landívar-Wong, M. G. (2017). *Disminución del estrés, aplicando el modelo Trec de Ellis y Téncica Tre de Bercei en bailarines del Centro Artístico Yesenea Mendoza* (Master's thesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Psicológicas).
- Lavallee, L. F., Hatch, P. M., Michalos, A. C., y McKinley, T. (2007). *Development of the contentment with life assessment scale (CLAS): Using daily life experiences to verify levels of self-reported life satisfaction*. Social Indicators Research, 83(2), 201-244.
- Levitin, D. J. (2018). *Tu cerebro y la música*. RBA libros.
- Linares-Moreno, M. I. (2019). *Música y Mindfulness*. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad de Jaén.
- Lupano Perugini, M. L., & Castro Solano, A. (2010). *Psicología positiva: análisis desde su surgimiento*. Ciencias psicológicas, 4(1), 43-56.
- Martín, M. Á. G. (2002). *El bienestar subjetivo*. Escritos de psicología, (6), 18-39.
- Moyano Díaz, E., & Ramos Alvarado, N. (2007). *Bienestar subjetivo: midiendo satisfacción vital, felicidad y salud en población chilena de la Región Maule*. Universum (Talca), 22(2), 177-193.
- Moyle, G. M. (2016). *Mindfulness and dancers*. En Mindfulness and the performing arts, 367-388.
- Palmero, F., Fernandez-Abascal, E., Martinez., y Choliz, M. (2002). *Psicología de la Motivación y la Emoción*. McGraw- Hill/Interamericana de España.
- Pino Sedeño, T. D., Peñate Castro, W., y Bethencourt Pérez, J. M. (2010). *La escala de valoración del estado de ánimo (EVEA): análisis de la estructura factorial y de la capacidad para detectar cambios en estados de ánimo*. Análisis y Modificación de Conducta, 36 (153), 19-32.
- Quintana, B.M. (2016). *Evaluación del Mindfulness: aplicación del cuestionario Mindfulness de cinco facetas (FFMQ) en población española* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Ruimi, L., Hadash, Y., Tanay, G., & Bernstein, A. (2019). *State mindfulness scale (SMS)*.
- Tanay, G. y Bernstei, A. (2013). *State Mindfulness Scale (SMS): Development and Initial Validation*. Psychological Assessment, 25(4), 1236-1299.
- Taylor, T.A., Medvedev, O.N., Owens, R.G. y Siegert, R.J. (2017). *Development and validation of the State Contentment Measure*. Personality and Individual Differences, 119, 152-159.



Vergara, R. G. (2006). *Naturaleza del estado de ánimo*. Revista chilena de Neuropsicología, (1), 29-40.

Yik, M.S.M., Russell, J.A. y Feldman Barrett, L.F. (1999). *Structure of self-reported current affect: Integration and beyond*. Journal of Personality and Social Psychology, 77, 600-619.

### WEBGRAFÍA

Dreamy, [Dreamy]. Mellow Vibe · lofi study mix [Archivo de vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/tQvNJDuhzBQ>

Händel, G. F. (1711). Lascia ch'io pianga [Canción]. <https://youtu.be/KxnBjAaJWCc>

Jobim, A. C. (1959). Desafinado [Canción]. Getz/Gilberto. <https://youtu.be/So718wk426c>

Joel, W. M. (1976). New York State of Mind [Canción]. Turnstiles. Ultra Sonic Studio. [https://youtu.be/aLN\\_xA4Wcps](https://youtu.be/aLN_xA4Wcps)

Kaixin, [KAIXIN PROJECT - Meditación & Mindfulness]. (2020, 10 abril). MEDITACIÓN GUIADA Para Principiantes/ MINDFULNESS en la Respiración [Archivo de vídeo]. Recuperado de <https://youtu.be/gu37WHaMITI>

Mozart, W. A., (1766). Symphony No.7a in G Major, KV.45a [Canción]. <https://youtu.be/awEqUkMQGQ>

Oliveros, P. (1989). Deep Listening [Canción]. Deep Listening. New Albion Records. [https://youtu.be/U\\_lPDTUS4](https://youtu.be/U_lPDTUS4)

Vangelis (1981). Chariots of fire [Canción]. Chariots of fire. Nemo Studios. <https://youtu.be/CSav51fVIKU>



## Relaciones entre la inteligencia fluida y cristalizada y el volumen de las subáreas del hipocampo. Un estudio con tests estandarizados y MRI

/ ACCÉSIT

**AUTOR** | BRU GÓMEZ BONILLA

**COORDINADOR** | ÓSCAR HERRERO MADRID

**CENTRO** | IES MANUEL DE CABANYES

**CIUDAD** | VILANOVA I LA GELTRÚ-BARCELONA

### RESUMEN |

A lo largo del último siglo, la inteligencia ha sido el epicentro de un gran número de investigaciones. Sin embargo, las teorías a nivel cerebral son recientes y se encuentran en constante evolución. Trabajos previos muestran la existencia de relaciones entre el volumen del hipocampo y ciertas habilidades cognitivas; especialmente la memoria episódica. Este estudio pretende encontrar correlaciones significativas entre el volumen relativo al ICV de las subáreas del hipocampo y la inteligencia cristalizada (Gc) y fluida (Gf), expresadas a través del IQ Verbal y Manipulativo, respectivamente. La hipótesis formulada predecía una correlación positiva entre CA1 y Gc, y una negativa entre CA4-DG y Gf. Se analizaron 67 MRI cerebrales de sujetos sanos de 17 a 24 años (media=20; SD=1.52) con un IQ entre 91 y 140 (media=125; SD=8.49). Ninguno de los resultados obtenidos fue considerado estadísticamente significativo. Por este motivo, se refutaron ambas hipótesis. Entre las limitaciones del estudio destaca la poca variabilidad de la muestra en términos de IQ. Futuras investigaciones deberían centrarse en la asimetría y en el análisis por separado de los hipocampos derecho e izquierdo.



### ABSTRACT |

Over the last century intelligence has been extensively studied, but theories at the brain-level are now emerging and in constant evolution. Previous researches have identified relationships between cognitive abilities and hippocampus volumes; and associations with episodic memory have been long established. The present study aimed to seek for possible significant correlations between hippocampus subareas ICV relative volumes, and crystallized (Gc) and fluid (Gf) intelligence, expressed through Verbal and Performative IQ, respectively. It was hypothesized a positive correlation CA1-Gc and a negative relationship CA4-DG-Gf. Brain MRI from 67 healthy subjects aged 17 to 24 (mean=20; SD=1.52) with full IQ values ranging from 91 to 140 (mean=125; SD=8.49) were analyzed. None of the output results were considered significant. Therefore, both hypothesis have been proved wrong. Limitations of the study include low-variability sample in terms of IQ. Further analysis may focus on asymmetry and the analysis of left-right hippocampus separately.



## INTRODUCCIÓN

La inteligencia es la capacidad general que implica planificar, razonar, resolver problemas, comprender ideas complejas y aprender con rapidez. Actualmente, la investigación está entrada en identificar las bases neurobiológicas que la conforman. El hipocampo, una de las estructuras del sistema límbico, y localizado en ambos lóbulos temporales, es el responsable de la codificación y recuperación de la información (creación y evocación del recuerdo). El objetivo de este trabajo es conocer la relación entre el volumen del hipocampo y la inteligencia (teorizada a través del Modelo de los Tres Estrados) mediante el uso de Imagen de Resonancia Magnética Estructural (MRI) y pruebas psicométricas de inteligencia (WAIS revised in China).

## ANTECEDENTES

### LA INTELIGENCIA

La inteligencia (definida como una capacidad general que implica planificar, resolver problemas, razonar, comprender ideas complejas y aprender con rapidez) es fruto de la combinación de factores biológicos ambientales. Ambos factores producen cambios en el cerebro, que afectan la capacidad para procesar la información y la cantidad de conocimiento del que disponemos. A su vez, estas variables resultan en cambios en los resultados de los tests de inteligencia y en el empleo que se hace de ella en la vida cotidiana (Hunt, 2011). Las diferentes perspectivas desde las que se estudia la cognición humana dan lugar a teorías a nivel psicométrico, de procesamiento de la información y cerebral.

### LA TEORÍA DE LOS TRES ESTRADOS

La teoría psicométrica de los tres estrados o Gc-Gf, de Cattell, Horn y Carroll, clasifica las habilidades cognitivas en tres estrados: primario, secundario y terciario. El primer (habilidades primarias) contiene la inteligencia cristalizada (Gc), la capacidad para hacer uso de conocimiento ya existente en el cerebro para resolver una situación; y la fluida (Gf), la capacidad de crear nuevos aprendizajes mediante el pensamiento inductivo y deductivo. El segundo estrado, que engloba el primero, contiene la velocidad de procesamiento (Gs), la habilidad viso espacial (Gv) y el tiempo de decisión y reacción (Gt), entre otros (Cattell, 1971, 1987; Horn, 1985; Horn & Noll, 1994). Las habilidades del segundo estrado, a su vez, están correlacionadas, por lo que se engloban en un tercer estrado (g).

### EL TEST DE WECHSLER

La inteligencia, expresada según los diversos ítems que defina la teoría, puede cuantificarse a través de los resultados de una prueba psicométrica. En el presente estudio se ha utilizado la versión adaptada al chino del Test de Wechsler (WAIS-Wechsler Adult Intelligence Scale). Esta prueba permite obtener tres puntuaciones: el coeficiente intelectual verbal (VIQ), el coeficiente intelectual



manipulativo (PIQ) y la escala completa del coeficiente intelectual (FSIQ) a través de la realización de 15 subtests divididos en cuatro grupos.

### LA RELACIÓN ENTRE VIQ Y GC, Y PIQ Y GF

La inteligencia cristalizada (Gc) es una habilidad general que incluye la comprensión y producción verbal, la habilidad comunicativa y el conocimiento general (McGrew, 2005; McGrew & Flanagan, 1998). Además, Gc permite también predecir la capacidad para adquirir nuevo vocabulario (Gathercore & Baddeley, 1990). Para cuantificarla, se emplea el coeficiente verbal (VIQ), cuyas pruebas evalúan habilidades verbales.

La inteligencia fluida (Gf) es la habilidad general para resolver problemas nuevos y con muy poca carga cultural utilizando el razonamiento deductivo e inductivo, la planificación, la memoria de trabajo, la localización de recursos, la comprensión del objetivo y la evaluación de las consecuencias de la acción (Mackintosh, 2011). PIQ es análogo a Gf, pues las pruebas que lo conforman requieren las habilidades de resolución de problemas y presentan una carga cultural muy baja. Entre estas, destacan las Matrices de Raven (Raven et al., 2003), que requieren casi exclusivamente del razonamiento inductivo.

## EL HIPOCAMPO

### LOCALIZACIÓN Y ESTRUCTURA

El hipocampo es una estructura cerebral situada en la región interior del lóbulo temporal. Forma parte del sistema límbico, localizado en la parte superior del tronco del encéfalo y el cuerpo caloso. Se puede dividir en dos estructuras principales: la formación hipocampal y la formación parahipocampal (Ben-Ari & Represa, 2009). La formación hipocampal está dividida en la circunvolución dentada, el Cuerno de Amonio y el subículo. Es relevante destacar que el Cuerno de Amonio está a su vez dividido en cuatro partes: CA1, CA2, CA3 y CA4. La formación parahipocampal cuenta con el córtex entorrinal, perirrinal y postrrinal. Las subáreas del hipocampo, formadas por células piramidales, están conectadas entre con el fin de llevar a cabo las funciones relativas al hipocampo y, a su vez, establecer conexiones con el resto del cerebro.

### FUNCIONES

El hipocampo está relacionado con la memoria declarativa, que permite recordar de manera consciente e intencionada información y experiencias. La memoria declarativa se divide en episódica (evocación de recuerdos de eventos específicos) y semántica (almacenamiento de conocimientos generales) (Zola-Morgan et al., 1986; Rempel-Clower et al., 1996).

El hipocampo juega también un papel fundamental en el aprendizaje espacial. A través de los estudios de Moser & Moser, 1998, con laberintos de agua para ratones, y los de Maguire et al. (1997, 2000, 2006) con sujetos humanos, se de-

mostró la importancia de esta estructura en el sentido interno de localización y movimiento en el espacio. Además, Maguire et al. (1997, 2000, 2006) descubrieron que con el uso reiterado del aprendizaje espacial, ciertas zonas del hipocampo se engrandecen, mientras que otras no modifican su tamaño e incluso lo reducen.

Además de ser clave en la memoria, el aprendizaje y la orientación espacial, el hipocampo participa también en otros procesos como el comportamiento emocional y la regulación de las funciones del hipotálamo (Anand & Dhikav, 2012).

#### ATROFIA HIPOCAMPAL

El hipocampo es una estructura plástica, pero vulnerable que se ve afectada por un gran número de patologías psiquiátricas y neurológicas (Anand & Dhikav, 2012). Las principales enfermedades que provocan una atrofia hipocampal son: enfermedad de Alzheimer, epilepsia, trastorno depresivo mayor (MDD, de sus siglas en inglés), esquizofrenia, trastorno de estrés posttraumático (PTSD, de sus siglas en inglés), hipertensión y síndrome de Cushing.

#### TRABAJOS PREVIOS ACERCA DE LA RELACIÓN INTELIGENCIA-HIPOCAMPO

Hasta la fecha (diciembre 2020), los principales estudios que fundamentaron esta investigación sugieren que: 1) el volumen de ciertas estructuras, entre las que se incluye el hipocampo, podrían ser responsables de una porción significativa, aunque modesta, de la inteligencia (Andreassen et al., 1993); 2) existen correlaciones significativas entre el volumen del hipocampo y FSIQ, VIQ y PIQ, y estas se expresan independientemente del género, la edad, el estatus socioeconómico y el volumen cerebral total (Amat et al., 2007); 3) un mayor volumen en las áreas CA1 y CA2-3 se relaciona con la memoria a largo plazo, mientras que una reducción de volumen en las áreas CA2-3 y CA4-DG se relaciona con el aprendizaje (Tamnes et al., 2014); 4) existen sustratos neurales compartidos y diferentes entre Gf y la memoria de trabajo verbal (Zhu et al., 2017).

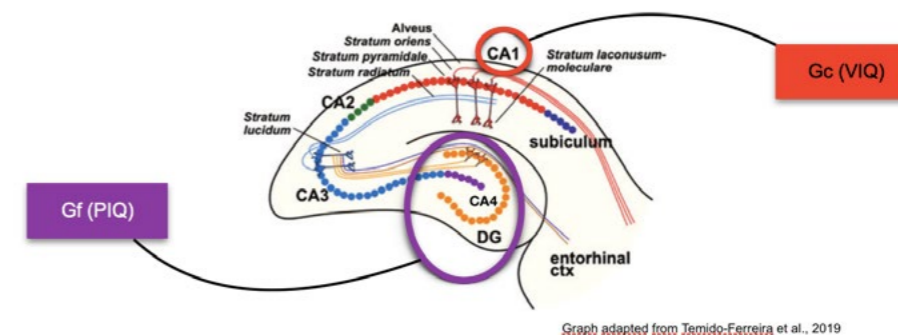
#### HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto tiene el objetivo de establecer las relaciones entre el volumen de las subáreas del hipocampo y los valores análogos a la inteligencia fluida (PIQ) y cristalizada (VIQ) a través del análisis de MRI. Además, se pretende hacer una revisión bibliográfica de la información disponible hasta el momento en torno a la implicación del hipocampo en la cognición.

Se espera encontrar correlaciones estadísticamente significativas entre el volumen del hipocampo y sus subáreas relativo al ICV (Volumen Intracraneal Total, por sus siglas en inglés) y los coeficientes VIQ, PIQ y FSIQ, análogos a Gc,

Figura 01.

Subáreas del hipocampo y tipo de inteligencia con el que se relaciona (Temido-Ferreira et al., 2019).



Graph adapted from Temido-Ferreira et al., 2019

#### MATERIALES Y MÉTODOS

##### ACLARACIONES PREVIAS

Los 67 sujetos analizados forman parte de la muestra *BeijingEnhanced*, un proyecto del Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Aprendizaje (State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning) de la Beijing Normal University (China). Los archivos usados en el trabajo "Relaciones entre la inteligencia fluida y cristalizada. Un estudio con tests estandarizados y MRI" están descritos en los siguientes artículos:

Tian, L., Wang, J., Yan, C., He, Y. (2010) Hemisphere- and gender-related differences in small-world brain networks: a resting-state functional MRI study. *Neuroimage* 54, pp. 191-202.

Yan, C., Zang, Y. (2010) DPARSF: A MATLAB Toolbox for "Pipeline" Data Analysis of Resting-State fMRI. *Front Syst Neurosci*, 4(13).

El uso de estos datos es en el proyecto inicial Creative Commons License: Attribution - Non-Commercial.

El proyecto *BeijingEnhanced* contó con el soporte económico de la National Natural Science Foundation of China: 30770594 y el National High Technology Program of China (863): 2008AA02Z405.





## MÉTODO

El método seguido en esta investigación consiste en una revisión de la literatura existente y un diseño experimental. Tras la revisión académica, se concretó el diseño experimental, en el cual se determinaban las variables y los controles. Seguidamente, se seleccionó, de una base de datos, la muestra que más se adecuaba a las características del estudio. La volumetría del hipocampo se obtuvo a través del procesador de MRI volBrain (Manjón & Coupe, 2016), y se empleó el protocolo de segmentación Winterburn. Mediante el software R se realizó el estudio estadístico. Se aplicó la correlación de Pearson (relación lineal entre dos variables) y se analizaron los gráficos de dispersión de las variables.

## MATERIALES

En este estudio se han analizado 67 MRI de sujetos sanos, estudiantes de la Beijing Normal University (China). La evaluación de las capacidades cognitivas de los participantes se concretó a través de la *Wechsler Adult Intelligence Scale Revised in China* (Gong, 1992). Los sujetos analizados tenían una edad de entre 17 y 24 años en el momento del estudio. Participaron 38 personas de sexo femenino y 29 de sexo masculino. En lo que el coeficiente intelectual (FSIQ) se refiere: rango=[91, 140], media=125 y desviación típica (SD)=±8.49. En términos de VIQ: rango=[100, 141], media=128 y SD=±7.9. El PIQ presenta: rango=[81, 136], media=116 y SD=±10.45. En conjunto, las distribuciones normales están desplazadas a la derecha respecto a la curva de distribución normal de la población general (media=100; SD=±15).

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se observan correlaciones bajas para todas las subáreas del hipocampo en relación al VIQ. En la Tabla 2, las correlaciones son también bajas para la relación entre las subáreas del hipocampo y PIQ. En ambos casos pueden apreciarse leves diferencias entre sexos, pero no son significativas. Cabe destacar, sin embargo, la correlación CA1-Gf, que en hembras presenta un valor de -0.0558, mientras que en machos es de 0.4501.

En ambas tablas, los *p-value* superan en todos los casos el valor establecido por convenio ( $p > 0.05$ ), por lo que los resultados obtenidos no pueden considerarse significativos estadísticamente. Para que estos sean estadísticamente significativos, es necesario que  $p < 0.05$  (valor alfa por convenio).

Una  $p < 0.05$  permite rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ =ausencia de relación entre las variables), mientras que  $p > 0.05$  la acepta y, por lo tanto, rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ =relación entre las variables). En este sentido, no pueden probarse las hipótesis: correlación positiva CA1-Gc y correlación negativa CA4-DG- Tabla 1 Gf.



| DATA SET   | HIPOCAMP-PUS* REL. VOLUME | CA1* REL. VOLUME | CA2-CA3* REL. VOLUME | CA4-DG* REL. VOLUME | SUBICULUM* REL. VOLUME |
|------------|---------------------------|------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| FULL VIQ   | 0.1315                    | 0.1359           | 0.0445               | 0.1183              | -0.1290                |
| p-Value    | 0.2889                    | 0.2727           | 0.7205               | 0.3404              | 0.2981                 |
| FEMALE VIQ | 0.1707                    | 0.1802           | 0.1205               | 0.1379              | -0.0604                |
| p-Value    | 0.3505                    | 0.2791           | 0.7389               | 0.4091              | 0.7186                 |
| MALE VIQ   | 0.0793                    | 0.0642           | 0.0452               | 0.1272              | -0.2822                |
| p-Value    | 0.6826                    | 0.7407           | 0.7439               | 0.5109              | 0.2116                 |

Tabla 1. Correlaciones de Pearson entre las subáreas del hipocampo y VIQ.

| DATA SET   | HIPOCAMP-PUS* REL. VOLUME | CA1* REL. VOLUME | CA2-CA3* REL. VOLUME | CA4-DG* REL. VOLUME | SUBICULUM* REL. VOLUME |
|------------|---------------------------|------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| FULL VIQ   | 0.0467                    | 0.0621           | 0.0241               | 0.0241              | 0.1468                 |
| p-Value    | 0.7074                    | 0.6176           | 0.8463               | 0.9853              | 0.2358                 |
| FEMALE VIQ | -0.0261                   | -0.0558          | -0.0298              | 0.0137              | 0.0599                 |
| p-Value    | 0.8764                    | 0.7391           | 0.4933               | 0.9348              | 0.7210                 |
| MALE VIQ   | 0.1918                    | 0.4501           | -0.1665              | -0.0468             | 0.2996                 |
| p-Value    | 0.3189                    | 0.1293           | 0.6163               | 0.8097              | 0.1143                 |

Tabla 2. Correlaciones de Pearson entre las subáreas del hipocampo y PIQ.

## CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo era buscar las posibles relaciones entre el volumen de las diferentes áreas del hipocampo y los coeficientes VIQ, PIQ y FSIQ, respectivamente. Con base a la literatura previa, se formuló una doble hipótesis: una correlación positiva entre CA1 y VIQ, y una de negativa entre CA4-DG y PIQ. Tras la revisión de la literatura y la experimentación se concluye que se refutan las hipótesis establecidas, pues los resultados no son estadísticamente significativos. Esto, sin embargo, no permite afirmar que no exista una relación entre el volumen del hipocampo y la inteligencia. Debe considerarse la ausencia de relación, pero también es necesario analizar las características de la muestra y valorar si existen variables no controladas como el estrés o el



estatus socioeconómico (Kim et al., 2015; Assari, 2020). Próximas investigaciones deberían incluir muestras más amplias y diversas, y evaluaciones del nivel de estrés de los participantes. Como futuras vías de investigación destacan el estudio de los hemisferios por separado, así como la asimetría del hipocampo.

Figura 02.

Gráfico de dispersión VIQ-CA1

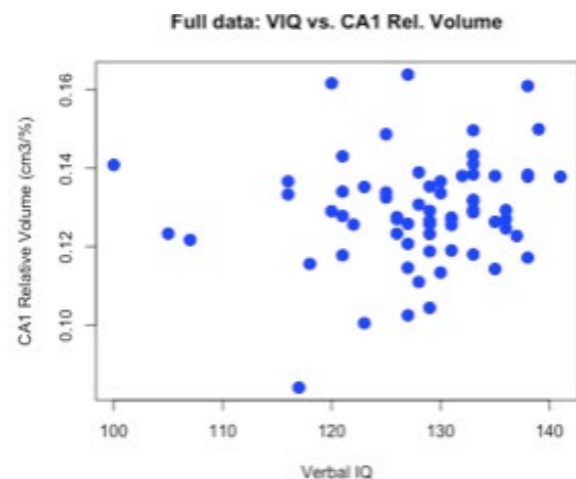
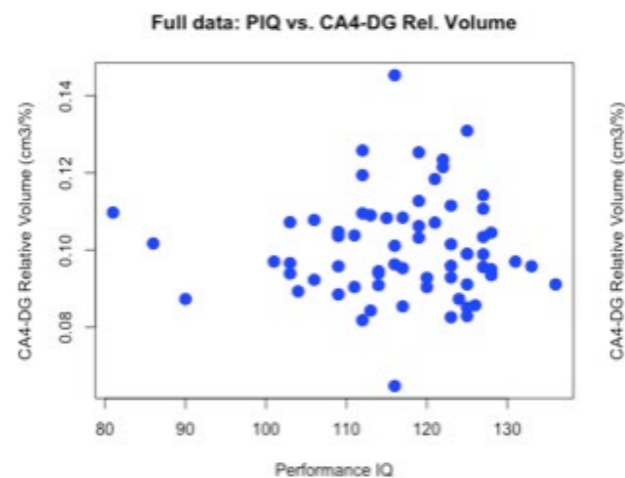


Figura 03.

Gráfico de dispersión PIQ-CA4-DG



## BIBLIOGRAFÍA

- Amat, J. A., Bansal, R., Whiteman, R., Haggerty, R., Royal, J., Peterson, B. S. (2008) Correlates of intellectual ability with morphology of the hippocampus and amygdala in healthy adults. *Brain and Cognition* 66(2) pp. 105-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.05.009>
- Anand, K. S., Dhikav, V. (2012) Hippocampus in health and disease: An overview. *Ann Indian Acad Neurol*, 15(4), pp. 239-246.
- Andreasen, N. C., Flaum, M., Swayze, V., O'Leary, D. S., Alliger, R., Cohen, G., Ehrhardt, J. & Yuh, W. T. C. (1993) Intelligence and Brain Structure in Normal Individuals. *Am J Psychiatry* 150:1
- Assari, S. (2020) Race, Ethnicity, Family Socioeconomic Status, and Children's Hippocampus Volume. *Res Health Sci*. 2020, 5(4) pp. 25-45.
- Beijing Normal University, State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning Enhanced Sample (aprox. 2010). Retrieved 2020, August 3 from [http://fcon\\_1000.projects.nitrc.org/indi/retro/BeijingEnhanced.html](http://fcon_1000.projects.nitrc.org/indi/retro/BeijingEnhanced.html)
- Ben-Ari, Y., Represa, A. (2009) Hippocampus: Organization, Maturation, and Operation in Cognition and Pathological Conditions. In: Binder M.D., Hirokawa N., Windhorst U. (eds) *Encyclopedia of Neuroscience*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2\\_2215](https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_2215)
- Cattell, R. B. (1971) *Abilities: Their structure, growth, and action*. Boston: Houghton Mifflin. In: Hunt, E. B. (2011). *Human Intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Cattell, R. B. (1987) *Intelligence: Its structure, growth, and action*. New York: North-Holland. In: Hunt, E. B. (2011). *Human Intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Child Mind Institute (2017). INDI International Neuroimaging Data-Sharing Initiative. Retrieved from [http://fcon\\_1000.projects.nitrc.org/index.html](http://fcon_1000.projects.nitrc.org/index.html)
- Gathercore, S. E. & Baddeley, A. D. (1990) The role of phonological memory in vocabulary acquisition. A study of young children learning new names. *British Journal of Psychology* 81, pp. 439-454. In: Mackintosh, N. J. (2011). *IQ and human intelligence*. New York: Oxford University Press.
- Gong, Y. (1992) *The Manual of Wechsler Adult Intelligence Scale Revised in China (in Chinese)*. Xina: Human Cartographic Publishing House.
- Horn, J. L. (1985) *Remodeling old models of intelligence*. In B. B. Wolman (Ed.) *Theories of intelligence: Theories, measurements, and applications*. New York: Wiley, pp. 267-300. In: Hunt, E. B. (2011). *Human Intelligence*. New York: Cambridge University Press.



- Hunt, E. B. (2011). *Human Intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Kim, E. J., Pellman, B., Kim, J.J. (2015) Stress effects on the hippocampus: a critical review. *Learn Mem.* 2015 Sep. 22(9) pp. 411-416.
- Mackintosh, N. J. (2011). *IQ and human intelligence*. New York: Oxford University Press.
- Maguire, E. A., Frackowiak, R. S. J., Frith, C. D. (1997) Recalling Routes around London: Activation of the Right Hippocampus in Taxi Drivers. *The Journal of Neuroscience*, 17(18), pp. 7103-7110.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., Frith, C. D. (2000) Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *PNAS*, 97(8), pp. 4398-4403.
- Maguire, E. A., Nannery, R., Spiers, H. J. (2006) Navigation around London by a taxi driver with bilateral hippocampal lesions. *Brain*, 129, pp. 2894-2907.
- Manjón V. J. and Coupe, P. (2016). *volBrain: an online MRI brain volumetry system*. *Frontiers in Neuroinformatics*. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/fninf.2016.00030>
- McGrew, K. S. (2005). *The Cattell-Horn-Carroll Theory of Cognitive Abilities: Past, Present, and Future*. In D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (p. 136-181). The Guilford Press. In: Hunt, E. B. (2011). *Human Intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- McGrew, K. S., & Flanagan, D. P. (1998). *The intelligence test desk reference (ITDR): Gf-Gc cross-battery assessment*. Allyn & Bacon.
- Moser, M., & Moser, E. I. (1998) Functional differentiation in the Hippocampus. *Hippocampus*, 8, pp. 608-619.
- Raven J, Raven JC, Court JH (2003) *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales*. Section 1: General Overview. San Antonio, TX: Harcourt Assessment.
- Rempel-Clower, N. L., Zola, S. M., Squire, L. R., Amaral, D. G. (1996) Three cases of enduring memory impairment after bilateral damage limited to the hippocampal formation. *J Neurosci*, 16, pp. 5233-5255. In: Moser, M., & Moser, E. I. (1998) Functional differentiation in the Hippocampus. *Hippocampus*, 8, pp. 608-619.
- Tamnes, C.K., Walhovd, K. B., Engvig, A., Grydeland, H., Krogsrud, S. K., Ostby, Y., Holland, D., Dale, A. M., Fjell, A. M. (2014). Regional Hippocampal Volumes and Development Predict Learning and



- Memory. *Developmental Neuroscience*, 2014(36), pp. 161-174. DOI: 10.1159/000362445.
- Temido-Ferreira, M.; Coelho, J. E.; Pousinha, P. & Lopes, L. V. (2019) Novel Players in the Aging Synapse: Impact on cognition. *ResearchGate*. Retrieved 2020, November 5 from: [https://www.researchgate.net/figure/Hippocampal-anatomy-and-circuitry-A-Principal-anatomy-of-the-human-hippocampal-memory\\_fig1\\_335736100](https://www.researchgate.net/figure/Hippocampal-anatomy-and-circuitry-A-Principal-anatomy-of-the-human-hippocampal-memory_fig1_335736100)
- Zhu, B., Chen, C., Dang, X., Dong, Q., Lin, C. (2017). *Hippocampal subfields' volumes are more relevant to fluid intelligence than verbal working memory*. Retrieved from [dx.doi.org/10.1016/j.intell.2017.02.003](https://doi.org/10.1016/j.intell.2017.02.003)
- Zola-Morgan, S., Squire, L. R., Amaral, D. G. (1986) *Human amnesia and the medial temporal lobe region: Eduring memory impairment following a bilateral lesion limited to field CA1 of the hippocampus*. *J Neurosci*, 6, pp. 2950-2967. In: Moser, M., & Moser, E. I. (1998) Functional differentiation in the Hippocampus. *Hippocampus*, 8, pp. 608-619.



## ARTES Y HUMANIDADES

---

### PRIMER PREMIO |

- 137 - **Estrellas sobre el mar: La poesía como crónica del viaje de Agnia Bartó a la guerra civil española**  
ANDREA CASTAÑEDA ALENNIKOVA

### SEGUNDO PREMIO |

- 146 - **Composición de una suite musical a partir de una obra literaria**  
QUERALT PLANAS MASDEVALL

### TERCER PREMIO |

- 159 - **Corporeidad y represión en sonetos del amor oscuro de Federico García Lorca. Hacia una memoria homosexual**  
LUCÍA BARREIRO RIUS, MARÍA GARRIDO RUIZ Y MARTINA FRÍAS NAVARRO
- 168 - **Elizabeth Bennet: la permanencia de un arquetipo literario en las pantallas contemporáneas**  
CARLA MARTÍNEZ MOXÓ

### ACCÉSIT |

- 180 - **El Cómic como propaganda: ¿Por qué no se usó en la Guerra Civil Española?**  
ANA RODRÍGUEZ DE LA FUENTE

### PREMIO UNIVERSIDAD DE MÁLAGA |

- 193 - **La influencia árabe en las lenguas española y portuguesa**  
PAULA CUELLO TORAÑO



## Estrellas sobre el mar. La poesía como crónica del viaje de Agnia Bartó a la Guerra Civil española

/ PRIMER PREMIO

**AUTORA** | ANDREA CASTAÑEDA ALENNIKOVA

**COORDINADORA** | ESTHER RIBA PUÉRTOLAS

**CENTRO** | IES MÀRIUS TORRES

**CIUDAD** | LLEIDA

### RESUMEN |

En este trabajo realizamos una investigación sobre la poeta soviética Agnia Bartó, contextualizando su vida y obra, a propósito de su viaje a España en 1937. El hallazgo de su poemario *Над морем звезды* (*Estrellas sobre el mar*), inédito en español, contextualiza la Guerra Civil desde los ojos de los niños. Procedemos a su traducción para así aportar un nuevo testimonio de memoria histórica, que se completa con traducciones de artículos de prensa, crónicas de guerra y fragmentos de sus memorias.

### ABSTRACT |

In this work we conduct research on the Soviet poet Agnia Bartó, contextualizing her life and work, about her trip to Spain in 1937. The discovery of her poems *Над морем звезды* (*Stars above the Sea*), unpublished in Spanish, contextualizes the Civil War from the eyes of children. We translate them in order to provide a new testimony of historical memory, which is supplemented by translations of press articles, war chronicles and fragments of her memoirs.



## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de concreción del tema de mi investigación, revolví los libros de mis estanterías, busqué y revolví entre libros y páginas para dar con algo que me interesara de tal manera que me absorbiera. Y en una de esas tardes con mi tutora encontramos una noticia relacionada con el Congreso Internacional de Intelectuales que se celebró en nuestro país en 1937. Por una de esas casualidades nada casuales -quiero pensar-, apareció la lista de los invitados a aquel encuentro, y, entre estos, los que vinieron en representación de la URSS. Mi atención se centró en el nombre de una mujer. Aquel nombre me resultaba totalmente desconocido. Pero al llegar a casa le pregunté a mi madre si le sonaba “Agnia Bartó”. ¿Agnia Bartó? “Agnia fue quien escribió todos aquellos poemas que me pedías que te repitiera una y otra vez.”

## 2. ANTECEDENTES

El Primer Congreso celebrado en París, en 1935, de marcado carácter antifascista (tanto por la representatividad de los miembros del Comité Internacional, entre los que figuraban: Thomas Mann, André Gide, R. M<sup>a</sup> del Valle-Inclán, Selma Lagerlöf, entre otros, como por el contenido de sus discusiones) se centró en la discusión de los distintos peligros que acechaban a Europa, el fascismo, y la actitud y el compromiso que los escritores deberían asumir al respecto.

El Segundo Congreso Internacional de Escritores para la Defensa de la Cultura fue inaugurado por el presidente del gobierno republicano Juan Negrín, el 4 de julio de 1937. Sus sesiones se repartieron entre tres ciudades: Valencia, Madrid y Barcelona. En torno a 110 delegados representantes de 28 naciones acudieron a Valencia el 4 de julio de 1937. Ahí, proclamaron su defensa de la cultura, comprometidos a defenderla frente a “su enemigo principal”, el fascismo (Aznar Soler, 2009). Se discutieron temas como la libertad, el arte, el humanismo, los problemas en la cultura española, la nación o el individuo (Aznar Soler et al., 2009). El congreso estuvo marcado por la exclusión de André Gide dado el escándalo político e intelectual que había generado la publicación de su libro *Regreso de la URSS*, el cual generó una escisión entre la intelectualidad de la época, que se extendió más allá de la mitad del s.XX.

Natalia Kharitónova (Aznar Soler et al., 2009) desmiente la posibilidad de que el Congreso fuese obra de una manipulación estalinista como una vía, quizá, de publicidad comunista, a pesar del protagonismo que adquirió en su organización Mihail Koltsov. El Congreso fue celebrado en un periodo en el que los cambios de la política hacia la España republicana en la URSS ya habían sido decididos y Stalin ya no estaba tan interesado en su apoyo activo. Aunque la teoría de manipulación estalinista parezca el blanco perfecto de una conspiración, los hechos y documentos demuestran que Stalin solo estuvo involucrado en el ámbito de la organización del Segundo Congreso.



Agnia Bartó, en *Записки детского поэта (Notas de una poeta infantil)*, rememora cómo la invitaron a participar en el Segundo Congreso en el invierno de 1937. Mikhail Koltsov la citó y le dijo: “¿Quieres ir a España en delegación de escritores al Congreso en Defensa de la Cultura?”. Bartó emprendió su viaje en tren junto a otros cinco intelectuales soviéticos en mayo de 1937: Lev Tolstói, Mijaíl Koltsov, Ilyá Ehrenburg, Vladimir Stavisky y Vsevolod Vishnevsky.

La Guerra Civil española tuvo una repercusión notable en la literatura universal posterior. Entre quienes se hicieron eco de lo que supuso este conflicto encontramos, sin pretensión de ser exhaustivos, a Ernest Hemingway, George Bernanos, W. H. Auden, Gabriela Mistral, Bertold Brecht, Dorothy Parker, George Orwell, Antoine de Saint-Exupéry, Elena Garro, Alejo Carpentier, Ilya Ehrenburg, Laurie Lee, César Vallejo...

Es en este contexto de defensa de unos ideales que se enfrentaban a los mismos enemigos que unos años más tarde protagonizarían la Segunda Guerra Mundial, en el que debemos leer los poemas que integran *Над морем звезды (Estrellas sobre el mar)*.

## 3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las hipótesis de partida son:

- ¿Cómo influyó el viaje a España para participar en el II Congreso en la obra de Agnia Bartó?
- ¿Cómo se concreta en su obra esta experiencia?
- Los objetivos de esta investigación son:
  - Indagar en su biografía, para conocer las etapas de su vida literaria.
  - Investigar sobre su obra y la repercusión de su experiencia en la visita a la España de 1937
  - Localizar textos suyos contextualizados en ese momento histórico.
  - Traducir los textos inéditos que localicemos.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que seguiremos consistirá en la indagación en fuentes diversas (en español, ruso, inglés, francés) para poder realizar un mejor contraste de información y así ampliar el radio de búsqueda. Recurriremos a redes y bibliotecas online y consultaremos a traductores profesionales para saber la mejor manera de llevar a cabo nuestra propia traducción.



## 5. RESULTADOS

Hasta el día de hoy, los poemarios de Agnia Bartó siguen siendo una lectura habitual para los niños más pequeños en Rusia. Aunque no son tan conocidas obras como las estudiadas en esta investigación, su nombre sigue teniendo importancia y aprecio entre el público infantil<sup>1</sup>.

Encontramos algunos de sus artículos periodísticos (Bartó, *Гады растоптаны*, 1936) en el Periódico Literario, (Barto, *незабываемые встречи*, 1937) en Pravda o (Bartó, *Немного о себе (Algunas cosas sobre mí)*, 1971) en *Literatura infantil*. Fue corresponsal del periódico Pravda en 1942, enviada al frente occidental para informar sobre el transcurso de la Segunda Guerra Mundial y publicar artículos informativos. Dejó registro de la experiencia de su viaje a España en el artículo “*Незабываемые встречи*” (“Encuentros inolvidables”<sup>2</sup>), publicado en el periódico *Pravda*.

Tras despedir el Segundo Congreso en París el 16 y 17 de julio<sup>3</sup>, Bartó regresó a Moscú. Su obra posterior se vio marcada por la experiencia vivida en España. Crónicas de guerra como la que hemos citado en el párrafo anterior, artículos sobre su experiencia reciente, poemas sobre la guerra civil española imprimieron un giro sustancial y una mayor profundidad a su trayectoria. Así, en 1938, publica el poemario *Над морем звезды (Estrellas sobre el mar)*, un conjunto de ocho poemas inspirados en los hechos vividos durante su visita a nuestro país, que ha permanecido inédito y es totalmente desconocido.

1937 fue el año en que Agnia Bartó tuvo la oportunidad de presenciar parte de las atrocidades que causa una guerra civil. Aquel viaje a España al Segundo Congreso despertó en ella un espíritu crítico que está presente en la obra de *Над морем звезды (Estrellas sobre el mar)*. Con estos poemas dedicados a los hijos de los soldados republicanos que luchaban en la guerra mostró al público soviético una experiencia semejante a la que ella había compartido durante su estancia en nuestro país, desde una perspectiva que dominaba y caracterizaba su obra: la visión de un niño (*Стихи детям*, 2014).

Tras comprobar en las redes y bibliotecas online que se trata de una obra que había pasado totalmente desapercibida en el ámbito literario español, nos propusimos traducirla al español, como objetivo prioritario para respaldar esta investigación. Conseguimos un ejemplar original en San Petersburgo y entonces empezó la traducción poética<sup>4</sup>.

1. El estudio de la obra de Agnia Bartó se puede consultar en la versión completa de la investigación.

2. Crónica de guerra traducida íntegramente.

3. Se puede leer el discurso íntegro y traducido de Bartó en el Segundo Congreso en la versión completa de la investigación.

4. Traducción íntegra en la versión completa de la investigación.



## 6. CONCLUSIONES

Gracias a la investigación, he podido sentirme más cercana a aquellas raíces que inconscientemente iba dejando atrás. He podido descubrir la belleza de la traducción, tropezarme con los errores una y otra vez y aprender de cada uno de ellos, experimentar la frustración de no poder encajar sus piezas al tiempo que iba concretando una versión de la obra. Pasé de la desesperación por no encontrar un ejemplar de *Estrellas sobre el mar* a, de pronto..., obtener una copia digital del original de su primera y única edición. Aquel sentimiento de satisfacción exultante, mezclado con el hecho de saber que nunca había sido traducido, se convirtió en la energía que me impulsaría a lo largo de toda esta investigación. He aprendido a moldear aquellos textos que parecían definitivos y a darme cuenta de que aún debían pulirse para lograr que la traducción sea lo más fiel posible a la versión de la autora.

La poeta infantil, Agnia Bartó, representante de la URSS en el Segundo Congreso en Defensa de la Cultura, se vio intensamente afectada por cuanto sintió y conoció durante los días que duró su visita a España en 1937. Y escribe unos poemas donde la inocencia y la candidez han quedado sepultadas por el impacto de la guerra en la vida cotidiana de los niños que protagonizan estos poemas. Queremos creer que fue el principio de una conciencia social, que tras la terrible tragedia que supuso la Segunda Guerra Mundial en la URSS, la condujo a llevar a cabo tareas de colaboración social, como el programa de radio que mantuvo durante años para localizar a personas desaparecidas durante el conflicto. A la vez, en esta labor, como en la de otras muchas intelectuales contemporáneas suyas, hemos de observar el ejemplo de empoderamiento femenino que supuso su iniciativa, la de una intelectual abriéndose paso en un mundo en reconstrucción con una mayoría masculina.

Paralelamente, nuestra investigación nos ha servido para descubrir que las personas no pueden ser todo lo perfectas que deseamos. Su trayectoria política tuvo siempre un marcado sesgo estalinista, de la que nos hablan los juicios emitidos en contra de sus propios compañeros, los poemas infantiles con cierta tendencia al adoctrinamiento... Incluso aquellos que pretendemos glorificar han cometido actos decepcionantes.

Nuestro objetivo principal era descubrir cómo influyó en su obra su viaje a España. A partir de las hipótesis planteadas, conseguimos estructurar nuestro camino hasta conseguir todos los propósitos planteados: contextualizamos el evento que precedió el Segundo Congreso, el paso de Agnia Bartó por el país y, además, hemos podido traducir al castellano uno de los poemarios relacionados con este y una interesante crónica de guerra. A través de la consulta de fuentes en nuestro idioma, en ruso e incluso en francés, logramos unir la información en un solo relato. Y hemos aportado una perspectiva biográfica suficientemente amplia y detallada de la vida de la poeta.

Esta investigación no concluye aquí. Nos proponemos, como nueva meta, la edición bilingüe de la obra en España y ampliar su difusión con la traducción del poemario al catalán además de dar a conocer la figura de Bartó más allá de estas páginas a través del mensaje de Над морем звезды (*Estrellas sobre el mar*), que se incluye dentro de la corriente intelectual europea en defensa de la Cultura frente a la barbarie.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aznar Soler, M. (2009). Materiales documentales del Segundo Congreso de escritores para la defensa de la cultura. A Coruña: Ediciones do Castro.

Aznar Soler, M., L. Barona, J., & Navarro Navarro, J. (2009 b). València, capital cultural de la República (1936-1937) Congrés internacional. Publicacions de la Universitat de València.

Bartó, A. (1976). Mashenka. (M. Cánovas, Trad.) Moscú.

Bartó, A. (1984). Versos Alegres. (A. H. María Cánovas, Trad.) Ráduga Moscú.

Barto, A. (2001). En la España revolucionaria y el barrio. Recuperado el 23 de Septiembre de 2020, de В революционной Испании и по соседству: [http://barto.gatchina3000.ru/v\\_revolucionnoi\\_ishpanii.htm](http://barto.gatchina3000.ru/v_revolucionnoi_ishpanii.htm)

Taillot, A. (2012). Les intellectuels européens et la guerre d'Espagne: de l'engagement personnel à la défense de la République Espagnole. Université Paris ouest Nanterre - La Défense, Paris.

Акимова Е. А., Г. И. (2017). Советское общество в воспоминаниях и дневниках. Том 8. Литературная жизнь СССР. Нестор-История.

Барто Агния Львовна. (s.f.). Recuperado el 19 de octubre de 2020, de Bibliogid: <https://bibliogid.ru/archive/pisateli/o-pisateliyakh/539-barto-agniya-lvovna>

Bartó, A. (1936). Гады растоптаны. Литературная газета.

Barto, A. (3 de Agosto de 1937). незабываемые встречи. Pravda.

Барто, А. (1969). Найти человека. Moscú.

Bartó, A. (1971). Немного о себе (Algunas cosas sobre mí). Literatura infantil.

Bartó, A. (1976). Записки детского поэта.

В революционной Испании и по соседству. (2010). Recuperado el 18 de noviembre de 2020, de [barto.gatchina3000.ru: http://barto.gatchina3000.ru/v\\_revolucionnoi\\_ishpanii.htm](http://barto.gatchina3000.ru: http://barto.gatchina3000.ru/v_revolucionnoi_ishpanii.htm)

Русский мир. (9 de agosto de 2020). Recuperado el 19 de octubre de 2020, de Русский мир: <https://m.rusmir.media/2017/08/05/barto>

ЖЕЛТОК, Я. (s.f.). бульвар. (Б. ГОРДОНА, Editor) Recuperado el 14 de Junio de 2020, de бульвар: [https://bulvar.com.ua/gazeta/archive/s7\\_3200/1938.html](https://bulvar.com.ua/gazeta/archive/s7_3200/1938.html)

8. ANEXOS

8.1.

Незабываемые встречи. Artículo Agnia Bartó del 3 de Agosto de 1937 en Pravda.







8.2.

Agnia Bartó

Regreso de España. Agnia Bartó y Vsevolod Vishnevsky en la estación de tren de Belorussky, en Moscú. Año 1937.

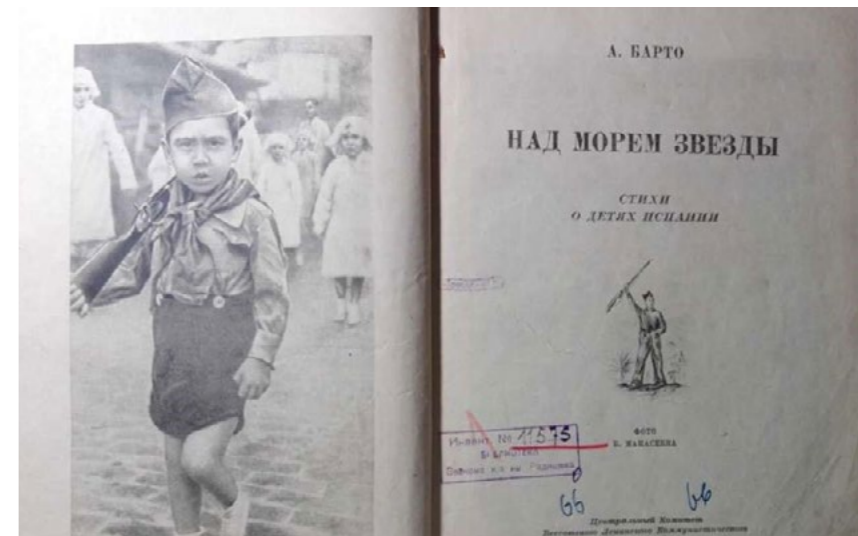
Foto de: M. Zolotarev. Fuente: (И сколько хочешь радуйся, 2020).



8.3b.

Reproducción fotográfica del libro Estrellas sobre el mar, páginas 2-3

Fotografía página 2 de Boris Makaseev.



8.3a.

Estrellas sobre el mar

Reproducción fotográfica del libro Estrellas sobre el mar, portada.





## Composición de una suite musical a partir de una obra literaria

---

/ SEGUNDO PREMIO Y ESTANCIA CSIC

**AUTORA** | QUERALT PLANAS MASDEVALL

**COORDINADORA** | ADRIANA PLANAGUMÀ NAVARRO

**CENTRO** | IES INSTITUT PLA DE L'ESTANY

**CIUDAD** | BANYOLES-GERONA

### RESUMEN |

El presente trabajo consta de la composición de una suite basada en un texto literario. Se han estudiado los precedentes del género (la música programática) que se ha compuesto a lo largo de los siglos con la finalidad de adquirir un nivel de conocimiento básico sobre el tema para lograr con la máxima rigurosidad y perfección el objetivo escogido. Igualmente, se han estudiado los diversos recursos musicales utilizados para representar sensaciones, actos o emociones musicalmente por los grandes compositores clásicos con el mismo fin. Antes de componer, se ha analizado la obra literaria escogida desde un punto de vista musical y esquemático para poder representar cada una de sus partes con la debida fidelidad, y se ha hablado con el autor de la novela sobre determinadas cuestiones de la narrativa que han ayudado a comprender mejor la obra y, al mismo tiempo, a representarla mejor. Una vez compuesta la obra, se ha pasado por un proceso de ensayo y grabación a través del cual se ha llegado al producto final: la grabación de la suite.



### ABSTRACT |

This research project is about the composition of a suite, based on a literary text. In it, the music genre's (program music) preceding pieces, which have been composed over the centuries, have been studied in order to reach a basic level of familiarity with the topic. This knowledge has made it possible to meet the set goal with a high level of accuracy and perfection. Likewise, the different musical methods used for musical representations by the greatest classical composers have been studied with the same purpose. Before composing, the literary work has been analysed from both a musical and a schematic perspective with the aim of being able to represent every part with the fidelity it deserves. A conversation about some narrative aspects of the book has been held with the novel's author, something that has facilitated a better understanding of the book and, consequently, a finer representation of its content. After being composed, the pieces have gone through the process of being recorded in a studio in order to get to the final product: a recording of the suite.



## 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto que se llevado a cabo surge de la música programática, un género de la música clásica. Concretamente, el término especifica el motivo y el método utilizado para componer esta música. La música programática es la música que pretende evocar elementos extra-musicales al oyente, modificar el que éste naturalmente imaginaría o sentiría al escuchar una determinada música. El compositor intenta plasmar un sentimiento o una historia en la pieza, que usualmente incorpora un programa (folleto escrito que se reparte a los oyentes y explica un breve resumen del que se oirá) y determinados recursos musicales para conducir al oyente hacia la deseada interpretación.

Por otro lado, esta investigación también tiene presente la literatura universal, como puede ser específicamente con autores literarios (Shakespeare, Kafka, las hermanas Brontë...) o una visión más generalizada para analizar una novela (viaje del héroe, autoconocimiento de la protagonista, conflicto entre el bien y el mal, la sed de poder...).

Estas dos facetas artísticas se han combinado para analizar y musicar “*Odessa y el mundo secreto de los libros*”, una novela juvenil de Peter van Olmen, escritor belga.

Sinopsis: En nuestro mundo hay una ciudad secreta (Scribópolis) donde viven todos los escritores famosos (Shakespeare, Dostoyevski, las hermanas Brontë...) y un escritor llamado Mabarak que decide construir el Librus, un libro con el que se puede modificar la realidad. Pero surge un problema, sólo el escogido podrá escribir en él, y, según una profecía, éste será el primer hijo varón entre un humano y una musa. Mabarak espera un hijo junto con una musa, pero resulta que el bebé es una niña (la profecía hablaba de un varón), de modo que Mabarak quiere matarla, así que la madre y la niña escapan. Esta niña es Odessa, que mientras crece no sabe nada de la ciudad secreta, hasta que un día Mabarak secuestra a su madre. Luego hace un viaje hasta Scribópolis, y después de vivir aventuras consigue llegar al castillo donde Mabarak tiene a su madre secuestrada. Mabarak quiere convencerla de que le ayude a hacer un mundo mejor escribiendo en el Librus, y casi lo consigue, pero Odessa se da cuenta de que la quiere manipular y consigue escapar de él y derrotarlo.

## 2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo principal de este trabajo ha consistido en realizar una investigación que parte de la curiosidad y la iniciativa personal, para llegar a componer un seguido de piezas que representen/describan un libro. Se trata, pues, de un proceso creativo. Sin embargo, dentro de este gran objetivo, hay muchos pequeños objetivos que tuve la intención de ir logrando a medida que hacía la investigación. Estos pequeños objetivos fueron útiles tanto para aprender los determinados conceptos que engloban, como para utilizarlos a la hora de cumplir el gran objetivo.



## OBJETIVO PRINCIPAL

- Componer un seguido de piezas (una suite) que representen/describan un libro.

## OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Realizar una investigación sobre la música programática para entenderla y conocerla de un modo más amplio que inicialmente.
- Estudiar técnicas compositivas y recursos representativos propios del género y plasmarlos en mi obra.
- Desarrollar mis conocimientos previos sobre la composición y la instrumentación para los instrumentos que utilice para interpretar mis piezas.
- Profundizar mi conocimiento sobre la obra literaria escogida y realizar un análisis de ella desde un punto de vista musical.
- Vivir la experiencia del montaje y grabación de unas piezas musicales.

Para hacer mi investigación no formulé ninguna hipótesis, ya que, como he mencionado, consistía en un proceso creativo que se fue desarrollando a medida que avanzaba la investigación, y fui decidiendo en qué temas me centraría más y cómo iría componiendo a medida que aprendía los conceptos básicos, es decir, a medida que iba investigando. Así pues, no resultaba adecuado formular una hipótesis inicial.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 MATERIALES

Para componer las piezas de este proyecto se ha usado el programa de notación musical Muscore, y para editarlas se ha utilizado el programa de notación musical Finale. Su grabación se ha hecho con un grupo de cámara que consta de una flauta (Berta González), un clarinete (Queralt Planas) y un piano (Alba Linares).

El disco se grabó en el estudio de grabación 44.1 (Girona) y la suite se subió a la plataforma de YouTube<sup>1</sup>.

### 3.2 METODOLOGÍA

Para hacer este trabajo se ha seguido una metodología precisa, ya que de otra forma podían surgir impedimentos o la composición podía quedar pobre e inexperta. Inicialmente se estudió y analizó la música programática y se observó cómo compusieron los grandes músicos a lo largo de la historia. De este modo se fue cogiendo experiencia y criterio sobre el tema y se pudo elaborar la

1. Se puede encontrar en YouTube (enlazado junto al vídeo de la grabación) con el enlace que se encuentra en *Información adicional*.



suite desde una vertiente más profesional. Lograda una base de conocimiento sobre el tema, se investigaron los recursos compositivos utilizados a lo largo de los siglos para representar sentimientos, acciones u objetos mediante la música, con la finalidad de conocerlos con especial detalle para tener la opción, si se hallaba, de incluirlos en la propia composición. Una vez investigada y estudiada la música programática, se empezó la composición de un seguido de piezas con una intención programática (representar un libro). Finalmente, una vez compuesta la suite, se pasó por un seguido de ensayos individuales y en grupo para, al final, grabar la obra en un estudio de grabación y hacer un disco.

### 3.3 PROCESO

Este proyecto tiene su base en la música programática, por lo que inicialmente empecé por una exhaustiva búsqueda en torno a ese tema. Consulté mayoritariamente libros y partituras<sup>2</sup> (mayoritariamente en inglés, pues en castellano o catalán no hay prácticamente información sobre el tema) sobre la historia de este género. A partir de ellos elaboré una guía llamada “*Breu història de la música programàtica*” (*Breve historia de la música programática*)<sup>3</sup> que explica el origen de ésta y muestra su recorrido a lo largo de los siglos y pasando por el Renacimiento, el Barroco, el Clasicismo y el Romanticismo (etapas de la historia de la música clásica). A cada época se habla de los principales compositores y se explican dos o tres obras programáticas de cada uno, justificando los motivos de sus decisiones en la pieza y detallando los elementos musicales que ha utilizado para expresar los sentimientos o acciones que se describen en la pieza. De este modo, aparte de aprender sobre la música programática, una de las mayores fuentes de información sobre ella que se puede encontrar en lengua catalana.

Después de estudiar la historia de esta música, quise adentrarme un poco más, y analizar como los compositores crean la sensación de sentimientos, acciones o historias mediante la música (para luego poderlo utilizar en mi composición). Allí aprendí sobre los leitmotivs (melodía que se repite a lo largo de una obra y se acaba asociando a un personaje o acción) o los topoi, entre otras cosas, que fueron mi mayor descubrimiento.

Con ellos también creé una pequeña guía, en la que, con códigos QR, enlacé al trabajo los fragmentos de obras que iba mencionando (para explicar los distintos recursos), junto con sus partituras, para que el que la lea pueda comprender mejor (ya que la mejor forma de explicar referencias musicales es escuchándolas). Así comprendí mucho mejor las obras que había analizado en la elaboración de la “*Breu historia de la música programática*” y volví a analizarlas para dar un mejor producto final.

2. Los libros y partituras consultados se pueden encontrar en el apartado de *Bibliografía y webgrafía*.

3. Se puede encontrar en YouTube (enlazado junto al vídeo de la grabación) con el enlace que se encuentra en *Información adicional*.



Una vez entendida la historia de la música programática y conocer los recursos para describir y representar mediante la música, busqué un libro. Tenía que ser un libro que me gustase mucho, pero también que cumpliera con los requisitos necesarios (trama sencilla, elementos característicos, protagonista claro, personajes originales...), así que después de buscar, me decidí por *Odessa y el mundo secreto de los libros*, de Peter van Olmen. Lo había leído hacía años, pero volví a hacerlo y lo analicé con la visión de transformarlo en una suite (conjunto de piezas/movimientos que tienen algo en común, en mi caso, el libro). Para profundizar más en el libro, me puse en contacto con Peter van Olmen, su autor, que me concedió dos entrevistas por Skype. Él me proporcionó información sobre el mundo de fantasía del libro, detalles sobre los personajes, y puntos de vista que me fueron muy útiles para la elaboración de las piezas. Además, me cedió unas ilustraciones<sup>4</sup> que se le había hecho Ronald Heuninck para el libro, y nos mantuvimos en contacto por correo, así que durante el proceso me fue resolviendo dudas.

Después de recopilar toda la información, llegué a la conclusión de hacer cinco piezas, describiendo distintas partes del libro y personajes. La formación musical que decidí utilizar fue la de flauta, clarinete y piano, porque de este modo tenía a dos instrumentos solistas con registros distintos (la flauta toca más agudo y el clarinete más grave) y un instrumento acompañante como es el piano, que además también puede hacer melodías. También influyó el hecho de que conocía a dos amigas, una cursa sexto de Grado Profesional de flauta (Berta González) y otra tiene el Grado Profesional de piano (Alba Linares). Yo, que también tengo el Grado Profesional de clarinete, tocaría la parte de este instrumento.

A la hora de componer las piezas, para que fueran entendibles para todos, fui explicando y justificando paso a paso mis decisiones, todas ilustradas con los fragmentos de partitura, pero también con la opción de escucharlos a YouTube con códigos QR (esto lo elaboré después de componer las piezas, ya que subí la suite a YouTube y así pude enlazarla al proyecto).

De los recursos que utilicé, podría destacar a dos:

- Compuse dos leitmotivs (melodía que se repite a lo largo de una obra y se acaba asociando a un personaje o acción), uno para la protagonista y uno para el antagonista, de modo que pude ir jugando con ellos durante todas las piezas hasta que en la pieza final (su batalla final) estos se mezclan y entrelazan hasta que uno desaparece y sólo queda el vencedor.

- En la pieza “*Scribòpolis, la ciutat dels escriptors*” (*Scribòpolis, la ciudad de los escritores*), que consiste en un recorrido por esta ciudad de fantasía donde viven los escritores de la historia de la literatura, decidí ilustrarlos de la siguiente forma: A lo largo de mi elaboración de la “*Breu història de la música programàtica*” descubrí

4. Ilustraciones de Ronald Heuninck.



que muchos compositores habían hecho lo que yo estaba a punto de hacer (es decir, componer una obra a partir de un libro), Mendelssohn compuso “*Sueño de una noche de verano*”, basado en el teatro de Shakespeare, Liszt compuso “*Hamlet*”, también por el mismo autor, Telemann “*Don Quijote*” de Cervantes, Schubert compuso un lied, “*Der Erlkönig*” un lied basado en el poema de Goethe... Lo que yo hice fue coger melodías famosas de estas piezas (de Mendelssohn, Schuberts, etc.) y ponerlas en mi composición, para así representar a los distintos escritores (escogí las más famosas, así hasta la gente que no ha cursado música clásica puede reconocerlas y entender la referencia).

Mientras iba componiendo la suite hicimos un calendario de ensayos para tener tiempo de ensayar todas las piezas antes del día de la grabación. Grabamos las obras en el estudio de grabación 44.1, ubicado en Girona, e hice el disco y, como ya he mencionado, las subí a YouTube.

Finalmente, solo tenía que diseñar el disco, por el cual opté para usar una de las ilustraciones que me había cedido el autor, y la pinté con acuarelas (las imágenes eran en blanco y negro). Por la parte de atrás y el interior opté para un tono rojizo y naranja, ya que como Scribópolis, el centro del mundo de fantasía, se encontraba al desierto, pensé que era adecuado.

#### 4. RESULTADOS

El resultado final del proyecto fue un disco llamado “*Odessa i el món secret dels llibres*”. Este disco contiene cinco piezas para flauta, clarinete y piano, tituladas “*Librus*”, “*La sang maleïda*”, “*Vals de l’Odessa*”, “*Scribòpolis, la ciutat dels escriptors*” y “*A la torre*”.

Cada una de las piezas representa/describe un fragmento de la novela, ya que después de analizarla llegué a la conclusión de dividirlo en cinco partes:

- **Librus:** Introducción al mundo de fantasía y presentación del objeto (el Librus)
- **La sang maleïda:** Contextualización de la novela (narra la vida del antagonista Mabarak antes de que empiece la historia).
- **Vals de l’Odessa:** Presentación de la protagonista y desarrollo de la misma a lo largo de la historia.
- **Scribòpolis, la ciutat dels escriptors:** Recorrido por esta ciudad llena de escritores y de la parte central de la historia.
- **A la torre:** Lucha entre Odessa y Mabarak (antagonista) a lo largo del libro y representación de la batalla final.

El disco fue grabado en el estudio de grabación 44.1 (Girona) con Berta González en la flauta, yo, Queralt Planas, en el clarinete y Alba Linares en el piano. La suite también se subió a Youtube, donde buscando “*Odessa i el món secret dels llibres – Queralt Planas*” se encuentra. Allí, además de poder escuchar las



piezas, se encuentran las partituras con una detallada explicación de los acontecimientos que ocurren en cada pieza y la guía “*Breu història de la música programàtica*”.

#### 4.1 VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

##### AUTOCRÍTICA DE LOS RESULTADOS Y CRÍTICA DEL AUTOR

Seguidamente, presento unas conclusiones que buscan la autocrítica de caras a los resultados obtenidos. Son apuntes necesarios para mejorar en tiempos futuros:

- Respeto a la temporización a la hora de componer las piezas, las dos últimas se finalizaron un poco tarde, ya que sólo tuvimos dos semanas para ensayarlas antes de la grabación. Esto se ve repercutido en el resultado final, ya que éstas son un poco más inestables y se ven menos seguras que el resto.
- Respeto a la interpretación de las piezas, aunque es aceptable, podría haber sido mejor. Del mismo modo que al punto anterior, si hubiésemos ensayado más veces para perfeccionar detalles, trabajado determinados pasajes, la afinación..., las piezas podrían haber sido interpretadas de manera más musical, con más expresividad y carácter.
- En términos compositivos, la flauta podría haber tenido una instrumentación mejor, ya que en algún fragmento queda solapada por el clarinete o el piano, dado que en el registro grave la flauta es más débil que en los dos otros instrumentos.
- Una vez publicado el disco, envié una copia al autor del libro, Peter van Olmen, el cual recibió la obra encantado y me hizo una crítica en torno a las piezas.

#### 5. CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación resulta necesario llegar a unas conclusiones que determinaran el cumplimiento o no de los objetivos dictados al inicio y que también formarán una crítica en torno a los resultados obtenidos.

- Respecto a los objetivos puedo decir que los he cumplido todos, ya que el principal era la composición de la suite y el proyecto ha terminado con su grabación.
- En términos compositivos, creo que componer esta suite ha hecho que mis capacidades compositivas mejorasen de un modo extraordinario, cosa que se nota en las piezas. Ciertamente, se puede ver la diferencia entre la primera pieza que compuse, “*La sang maleïda*” y la última, “*Scribòpolis, la ciutat dels escriptors*”. Eso se debe a que al principio no conocía la formación para la que iba a componer pero a lo largo del proyecto fui aprendiendo sobre ella.
- Hacer este proyecto también me ha ayudado a ver tres posibles vertientes de un músico, que es lo que quiero ser. No todos los músicos son intérpretes, sino que hay que ser compositores, otros musicólogos, algunos directores de orquesta...



Y cuando empiezas a estudiar el Grado Superior de música ya tienes que tener bastante decidido por donde quieres ir. Inicialmente no vi este beneficio en el proyecto, pero a lo largo de su elaboración me he dado cuenta de que ha servido para acabar de definir su perfil.

La primera vertiente, aunque sea la menos evidente (y en la que he profundizado menos) es la de musicóloga. Al inicio de la investigación me dediqué a buscar los vestigios de música programática que ha habido a lo largo de la historia, a entenderlos y a contextualizarlos, y esto es una breve pincelada dentro de este ámbito. La segunda es la especialidad de compositora, la principal en este trabajo. Me ha encantado componer la suite y me he llegado a plantear seguir este camino en un futuro. Y la tercera es la especialidad de intérprete, la parte final del proyecto; he disfrutado mucho ensayar y grabar estas piezas, y me ha servido para afirmar que mi especialidad es la interpretación.

- Y finalmente, ligado a que quiero estudiar música, hacer esta investigación sobre música programática me ha hecho conocer muchos datos de la historia de la música que desconocía y que me ha gustado mucho descubrir. Además, es bastante posible que en un determinado futuro esta información que he ido recopilando y aprendiendo me sea útil.

## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Adonis, M., 2018. The insufficient of the absolute music. *Problemata, international journal of philosophy*, p. 339.
- Anon., 2014. *Tristan e Isolda - Leitmotivs preludio*. [En línea] Available at: <https://caminodemusica.com/wagner/tristan-e-isolda-leitmotivs-preludio> [Último acceso: 28 Agosto 2020].
- Baca Martín, J. Á., 2005. *La expresión musical: significado y referencialidad*.
- Bellido Alcega, J. A., 2018. *Historia de la orquesta simfonica (IV): La orquesta de Wagner*. [En línea] Available at: <https://joseantoniobellido.com/la-orquesta-de-wagner/> [Último acceso: 18 Julio 2020].
- Berlioz, H., 2009. A critical study of the symphonies of Beethoven. A: *A Travers Chants*. s.l.:BiblioLife.
- Grimalt, J., 2014. *Música i sentits*. Barcelona: Duxelm Editorial.
- Kregor, J., 2015. *Program Music*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Layton, R., 1993. *Sibelius*. Nova York: Schirmer Books.
- Nicks, F., 2018. *Programme Music in the Last Four Centuries*. Londres: Forgotten Books.
- Pitou, S., 1985. *The Paris Opéra. An Encyclopedia of Operas, Ballets, Composers, and Performers – Rococo and Romantic, 1715–1815*. London: Greenwood Press.



Sadie, S., 2001. *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*. Nova York: Oxford University Press.

Schonberg, H. C., 1967. *The Great Conductors*. Nueva York: Simon and Schuster. Simon & Schuster.

Staff, A., 2011. *Program Music and the Romantic Tone Poem*. [En línea] Available at: <https://www.allmusic.com/blog/post/program-music-and-the-romantic-tone-poem> [Último acceso: 17 Julio 2020].

Tilson Tomas, M., sin data *Hector Berlioz, symphonie fantastique*. [En línea] Available at: <http://www.keepingscore.org/interactive/pages/berlioz/score-scaffold>

Nota: Debido a la falta de espacio no se ha mostrado toda la bibliografía.

## INFORMACIÓN GRÁFICA

### 1. PARTITURAS Y GRABACIÓN DE LA SUITE

Aquí dejo un enlace y un código QR a las partituras de la suite, ya que debido a sus dimensiones no las puedo integrar en el artículo científico.

[https://drive.google.com/file/d/1tN\\_guurvKDsd1TzAQxxHRLQZcYlLe4/view](https://drive.google.com/file/d/1tN_guurvKDsd1TzAQxxHRLQZcYlLe4/view)

Código QR:





Igualmente, adjunto el enlace y el código QR de la grabación de la suite, que se encuentra a Youtube (junto a Breu història de la música programàtica enlazada en su descripción).

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL8gitLDUwrs2lhkaF1umGdDivK6WNMIcM>

Código QR:



## 2. IMÁGENES DEL DISCO

Imágenes propias. La portada del disco está hecha a partir de una ilustración de Ronald Heuinck. La contraportada y el diseño del disco están hechos por mí.





## Corporeidad y represión en Sonetos del amor oscuro de Federico García Lorca. Hacia una memoria homosexual

/ TERCER PREMIO

**AUTORAS** | LUCÍA BARREIRO RIUS, MARÍA GARRIDO RUIZ  
Y MARTINA FRÍAS NAVARRO

**COORDINADOR** | JOSÉ PEDRO ZURITA SOLÍS  
**CENTRO** | CENTRO EDUCATIVO GENÇANA  
**CIUDAD** | GODELLA-VALENCIA

### RESUMEN |

En las últimas décadas han proliferado los trabajos académicos que abordan el estudio de la sexualidad en la obra de Federico García Lorca. Sin embargo, escasean las lecturas que asocian la corporeidad con el homoerotismo. El presente proyecto pretende vincular el análisis de los *Sonetos del amor oscuro* con dichos conceptos y a su vez, asociarlos al contexto represivo en el que se enmarca la obra del granadino. Para ello se ha realizado un análisis hermenéutico de los sonetos que se ha complementado con un estudio cultural e histórico del mundo homosexual en su época. En última instancia quisiéramos contribuir con este proyecto a la recuperación de la memoria histórica, concretamente a la LGTB, de la que Lorca es un icono.

### ABSTRACT |

Over the last decades, academic papers regarding the study of sexuality in Federico García Lorca's work have gained momentum. However, there are few readings that associate corporeality with homoeroticism. This project is devoted to linking the analysis of *Sonetos del amor oscuro* with these concepts and, at the same time, to connect them with the repressive context in which the work of the Granada-born writer is framed. For this purpose, a hermeneutic analysis of the sonnets has been carried out, complemented with a cultural and historical study of the homosexual atmosphere of his time. Ultimately we would like to contribute with this project to the recovery of the historical memory, specifically the LGTB's, which Lorca is an icon of.





## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende analizar el sentido de las diferentes simbologías con referentes corporales, asociadas a la temática amorosa o sexual, que aparecen en cada soneto de *Sonetos del amor oscuro*, de Lorca.

Tras la lectura de sus documentos y obras nos dimos cuenta de que sus obras más conocidas fueron publicadas con normalidad, pero la historia de los *Sonetos del amor oscuro* resultaba excepcional. En diciembre de 1983 se distribuyó una edición no venal clandestina de 250 copias de los *Sonetos del amor oscuro*. Se desconoce quién se encargó de realizarla y hacerla llegar a lorquistas más o menos acreditados. Tres meses después se realizaba una mejor edición de los *Sonetos del amor oscuro*, preparada por Miguel García Posada y finalmente en 1984 la familia de Lorca permitía al diario español ABC que fotografiara y publicara los once sonetos originales.

A raíz de su publicación proliferaron numerosos trabajos académicos que abordaban el estudio de la sexualidad en los sonetos. Sin embargo, dichas investigaciones no respondían a interrogantes como ¿qué simboliza el cuerpo en ellos? o ¿cómo se relacionan la aparición del cuerpo y la sexualidad en los sonetos? El trabajo de tratar de encontrar respuesta a alguna de estas preguntas hacía ineludible el análisis de su obra. Se trataba entonces de realizar una revisión crítica sobre la obra de Lorca desde una perspectiva corpórea innovadora, con el objetivo de relacionarla con el contexto de censura de la homosexualidad que él vivió y de esta manera poder contribuir a la recuperación de la memoria homosexual.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 MEMORIA HISTÓRICA Y MEMORIA HOMOSEXUAL

Dentro de la memoria histórica, se denomina memorias periféricas a aquellas que no participan de los grandes debates de la memoria (Cáceres, 2011). La memoria gay o LGTB forma parte, en España, de estas, ya que no tienen centralidad en el debate sobre la memoria histórica de la guerra civil y el franquismo. Sin embargo, los integrantes de la comunidad LGTB sufrieron formas de violencia y silenciamiento específico que particularizan sus vivencias del periodo.

Dado que no había canales oficiales para la difusión de las experiencias de la homosexualidad ni otras sexualidades disidentes, ¿cómo podemos reconstruir esa memoria? La literatura es uno de los espacios en la que esas experiencias prohibidas socialmente se expresaron, aunque sometidas a las formas de censura y represión cultural del periodo. Por ello, estudiar el modo en que un autor central en la cultura literaria del siglo XX español se enfrentó a la poetización del erotismo homosexual nos puede ayudar a comprender las dificultades y violencias a las que estas sexualidades no oficiales estuvieron sometidas.



### 2.2 REPRESIÓN DE LA HOMOSEXUALIDAD EN ESPAÑA

A partir de la caída del Antiguo Régimen, la homosexualidad fue despenalizada. No obstante, seguía sin ser aceptada socialmente, pues a pesar de haberse suprimido definitivamente el Tribunal de la Inquisición, para la Iglesia siempre sería considerada pecado (Martín, 2011). Además, desde el campo de la medicina, los homosexuales comenzaron a ser estudiados como enfermos mentales. En resumen, con el paso del s.XIX al XX, la homosexualidad dejó de ser un asunto legal, pero continuó siendo calificada de pecado y se caracterizó como enfermedad mental. (Martín, 2011).

En el S.XX, a partir de la dictadura del general Primo de Rivera, se vuelve a tipificar la homosexualidad como delito en el Código Penal de 1928. De hecho, se constituyen las conductas homosexuales como causa agravante. No obstante, tras la nueva reforma del Código Penal en 1932, se derogaron los anteriores preceptos. Al año siguiente se aprobó por las cortes de la II República la *Ley de Vagos y Maleantes*, referente a los “mendigos, rufianes, proxenetas y prostitutas”, los cuales compartían una actitud tipificada como “antisocial”. Dicha Ley sería reformulada por el régimen franquista en 1954 para señalar explícitamente a los homosexuales entre estos individuos, reanudándose las terapias de rehabilitación, ya presentes en el s.XIX. (Martín, 2011).

### 2.3 LORCA COMO SÍMBOLO DE LA MEMORIA HOMOSEXUAL. INVESTIGACIONES PREVIAS

Lorca, al ser fusilado en los primeros compases de la guerra, se ha convertido en uno de los grandes iconos culturales de la memoria histórica en España. Pero no es sólo porque sea una de las voces republicanas más representativas del momento, sino también porque en los últimos años se está incorporando a esa memoria política otra capa de sentido más: Lorca no fue solo reprimido por republicano sino sobre todo por gay. Es por ello que se le puede considerar el espacio de cruce entre ambas memorias, la histórica y la LGTB.

La homosexualidad de Lorca es un eje de estudio que ha permanecido oculto hasta la repentina difusión de sus *Sonetos del amor oscuro* en 1981, los cuales se convirtieron en un indiscutible testimonio de su homoerotismo, dando pie a numerosas investigaciones con el tema homoerótico como foco principal. Hasta entonces su sexualidad había sido eludida, negada y reprimida.

No obstante, y siendo un tema clave en lo que respecta a la sexualidad del poeta, apenas existen investigaciones que relacionen ésta con la representación del cuerpo y del erotismo presente en sus obras. La simbología y el significado de las partes del cuerpo no son estudiados en profundidad ni relacionados de manera directa con el erotismo en estos trabajos.



### 3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La corporeidad presente en *Sonetos del amor oscuro* es la forma de expresión del homoerotismo lorquiano en un contexto represivo y censor. Es por ello que Lorca es un icono clave para la reconstrucción de la memoria histórica y concretamente de la memoria periférica LGTB.

El objetivo central del trabajo es analizar las diferentes claves semánticas y retóricas que Lorca utilizó para poetizar la experiencia erótica en los sonetos y conectarlas con las dificultades para expresar la experiencia de la homosexualidad en un contexto de fuerte represión. Trataremos, así, de participar en la recuperación de la memoria de la represión social y cultural de la homosexualidad en España. Pensamos que es importante recuperar una parte silenciada de la historia de la cultura española reciente, relacionada con las sexualidades disidentes y censuradas socialmente, de la que la figura de Lorca puede ser un símbolo.

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación hará uso de una metodología compleja, que tratará de responder a una cuestión interdisciplinar como es la problemática de la memoria histórica, en este caso la problemática específica de la memoria homosexual a través de la literatura. Para ello, se han utilizado conceptos y desarrollos de la historia cultural contemporánea con herramientas propias del análisis literario, a través de un análisis textual detallado de los poemas de García Lorca. Respecto a la tesis, el método empleado es inductivo, pues a partir de un análisis general del autor fuimos agudizando el campo de estudio hasta enfocarlo en la trascendencia del cuerpo en *Sonetos del amor oscuro* en relación con la homosexualidad.

A partir del cruce entre esas dos herramientas de análisis –la histórica y la textual– trataremos de elaborar las conclusiones en torno al lugar central de Lorca y de sus poemas eróticos en una memoria histórica y cultural de la homosexualidad reprimida por el conservadurismo en la España del siglo XX.

### 5. RESULTADOS

El contexto histórico en el que Federico García Lorca desarrolló su producción literaria fue duramente represivo con la homosexualidad. El estudio de su obra no puede entenderse sin considerar el condicionamiento de su coyuntura. Concretamente en *Sonetos del amor oscuro*, encontramos diferentes tendencias que Lorca empleó para expresar las dificultades que le supuso su condición gay.

En dicha obra de Lorca, el cuerpo es un elemento clave para la expresión de la temática sexual, por una parte, y de la sentimental, por otra (ver anexos I y



II). Los elementos del cuerpo son centrales en la experiencia erótica, mientras que en las temáticas sentimentales la corporeidad acontece ligada a los afectos tanto positivos como negativos. Atendiendo a la presencia de dichas temáticas los *Sonetos del amor oscuro* pueden clasificarse conforme al uso concreto de la simbología corpórea.

#### 5.1 EL CUERPO COMO EXPRESIÓN DE LA SEXUALIDAD

Dentro de la temática sexual, distinguimos entre cuatro grandes tendencias según la manera de aludir la corporeidad, las cuales son: erotización de la tradición mística, narración, encriptación y alusión por ausencia. En todas ellas existe una voluntad de encubrir los impulsos sexuales, de evitar que se adviertan de forma directa, como respuesta del autor hacia la opresión a la que se veía sometido.

1. La tendencia de la erotización mística contiene aquellos poemas que aluden a dicha tradición. La mística, cuya influencia en Federico parece provenir de su juventud (Krupa, 2017), está presente en sus poemas (Matas, 1999-2000), pero ha sido erotizada.

2. La segunda tendencia dentro de la temática sexual es la narrativa, la cual se utiliza en aquellos sonetos que muestran escenas amorosas y pasionales entre poeta y amante. Los sonetos “Noche del amor insomne” y “El amor duerme en el pecho del poeta” entran en esta categoría.

3. A partir del “Soneto Gongorino” podemos introducir la tercera tendencia: la encriptación. En esta, el cuerpo no aparece explícitamente, pero mediante metáforas se alude a él. El término “pichón” podría simbolizar el miembro genital de Lorca y este soneto, por tanto, describir el acto de la masturbación (Serrano, 2015)

4. Para concluir con la temática sexual, cabe mencionar la cuarta tendencia, alusión por ausencia, de la que se hace uso en “El poeta dice la verdad”. Dicho procedimiento remite a la presencia de la sexualidad a pesar de la ausencia del cuerpo. El verso cuarto de la primera estrofa: “es sumamente expresivo y recoge una escena o recuerdo erótico: un puñal (de dolor y muerte, símbolo fálico asimismo)”, “besos y contigo” (Jesucristo Riquelme y Carlos R. Talamás 2019, p.148) (vv.1-4): «Quiero llorar mi pena, y te lo digo / para que tú me quieras y me llores / en un anochecer de ruiseñores, / con un puñal, con besos y contigo.»

#### 5.2 EL CUERPO COMO CLAVE SENTIMENTAL

Habiendo concluido la temática sexual, cabría centrarse en la sentimental, en la que se analizará primeramente el uso del cuerpo como técnica de expresión de las emociones que embargan al poeta y, posteriormente, la narración sentimental.

1. La primera tendencia, la de los sentimientos ligados al cuerpo, se subdivide a su vez según las connotaciones atribuidas sobre el mismo, siendo estas negativas,



positivas o ambas. Las negativas se las atribuimos a la imposibilidad de la libre expresión de las pulsiones en el contexto opresivo, mientras que las positivas dejan una ventana abierta a la esperanza, no todo es dolor. Ambos caminos convergen en los sentimientos encontrados, que representan la dicotomía a la que se enfrenta el autor: la voluntad de plasmar lo que experimenta a través de la escritura en una sociedad que no aprueba aquello que siente.

2. Para cerrar la clasificación podemos distinguir dentro de la temática sentimental una última tendencia: la narración sentimental, a la que corresponde “El poeta pregunta a su amor por la ciudad encantada de Cuenca”. En ella, la función del cuerpo es secundaria, es decir, tiene una carga simbólica menor, pues se trata de la evocación de un recuerdo a partir de la impresión que le provoca la ciudad encantada de Cuenca a Lorca. El autor necesita en el contexto represivo que vive de la memoria, ya que se trata de un recurso al que acude para evocar una realidad que no puede expresar de otra manera.

### 6. CONCLUSIONES

La corporeidad en este estudio ha sido tomada como generatriz para el análisis de los *Sonetos del amor oscuro*. Las diferentes tendencias de las que hace uso el autor en los sonetos han sido taxonomizadas atendiendo a su temática sexual o sentimental. Todas las tendencias de temática sexual constituyen una respuesta ante la opresión del contexto sobre el poeta: expresar el homoerotismo pero de manera implícita. En cambio, Lorca, a través de las tendencias de temática sentimental, plasma una realidad que le impide desarrollar su identidad plenamente, por lo que recurre al cuerpo y a la memoria para reflejar sus sensaciones.

Con este análisis basado en la estructuración temática de los sonetos a partir de la presencia del cuerpo en ellos hemos podido identificar la expresión de la sexualidad del poeta relacionándola con el contexto represivo en el que se enmarca su obra. Así pues hemos querido contribuir a la recuperación de la memoria histórica y concretamente a la homosexual de la que Lorca es un símbolo indiscutible. *Sonetos del amor oscuro* es una obra con la que se puede identificar el colectivo homosexual y que a su vez permite visibilizar su situación en una época duramente represiva. Haber analizado una obra clave en la literatura homoerótica lorquiana podría dar pie a una comparativa con la producción poética LGTB actual. Ésta permitiría estudiar sus diferencias en la manera de expresar el amor homosexual y conseguir una comprensión más profunda de la influencia del contexto en la literatura homoerótica.

### 7. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jaume Peris Blanes de la Universidad de Valencia por guiarnos y aconsejarnos cuando más lo necesitábamos. Al profesorado de la escuela Gençana, a Pilar Pérez, por su aportación a nuestra mirada histórica y, en especial, a nuestro profesor de castellano y coordinador del proyecto, José Pedro Zurita, por confiar siempre en nosotras y acompañarnos en esta experiencia.



### 8. ANEXOS

Tabla 1: Análisis tipológico de los elementos corpóreos en *Sonetos del amor oscuro* en función de su carácter físico o simbólico.

| ELEMENTOS CORPÓREOS | SONETOS DEL AMOR OSCURO |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        |   |   |                                      |         |
|---------------------|-------------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------|--|--------------------------------|--------------------------|------------------------|---|---|--------------------------------------|---------|
|                     | SONETO GONGORINO        | LLAGAS DE AMOR | SONETO DE LA GURNALDA DE LAS ROSAS | EL POETA DICE LA VERDAD | EL POETA PIDE A SU AMOR QUE LE ESCRIBA | AY VOZ SECRETA DEL AMOR OSCURO | SONETO DE LA DULCE QUEJA | NOCHE DEL AMOR INSOMNE | EL POETA PREGUNTA A SU AMOR POR LA CIUDAD ENCANTADA DE CUENCA | EL POETA HABLE POR TELEFONO CON EL AMOR | EL AMOR DUERME EN EL PECHO DEL POETA |         |
| OJOS                | F                       |                |                                    |                         |  |                                | F                        |                        |   |   |                                      | F-2 S-0 |
| CUELLO              | F                       |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        |   |   |                                      | F-1 S-0 |
| BOCA                | F                       |                | F                                  |                         |  |                                |                          | S                      |   |   |                                      | F-2 S-1 |
| CORAZON             | S                       | S              |                                    |                         | S                                      | S                              |                          | SS                     | S   |   |                                      | F-0 S-7 |
| MANO                | F                       |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        |   |   |                                      | F-1 S-0 |
| PECHO               |                         | SS             |                                    |                         |  |                                |                          |                        |   | S                                       | F                                    | F-1 S-3 |
| GARGANTA            |                         |                | F                                  |                         |  |                                |                          |                        |   |   |                                      | F-1 S-0 |
| HERIDA              |                         |                | S                                  |                         |  | F                              |                          |                        |   |   |                                      | F-1 S-0 |
| MUSLO               |                         |                | S                                  |                         |  |                                |                          |                        |   |   |                                      | F-0 S-1 |
| CARNE               |                         |                |                                    | F                       |  |                                |                          |                        |   |   | S                                    | F-1 S-1 |
| ENTRAÑAS            |                         |                |                                    |                         | S                                      |                                |                          |                        |   |   |                                      | F-0 S-1 |
| VENAS               |                         |                |                                    |                         | F                                      |                                |                          |                        |   |   |                                      | F-1 S-0 |
| CINTURA             |                         |                |                                    |                         | F                                      |                                |                          |                        |   |   |                                      | F-1 S-0 |
| CABEZA              |                         |                |                                    |                         |  | F                              |                          |                        |   |   |                                      | F-1 S-0 |
| MEJILLA             |                         |                |                                    |                         |  |                                | F                        |                        |   |   |                                      | F-1 S-0 |
| ROSTROS             |                         |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        | S   |   |                                      | F-0 S-1 |
| DEDOS               |                         |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        | F   |   |                                      | F-1 S-0 |
| FRENTE              |                         |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        |   | F                                       |                                      | F-1 S-0 |
| PIES                |                         |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        |   | F                                       |                                      | F-1 S-0 |
| TUÉTANO             |                         |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        |   | S                                       |                                      | F-1 S-1 |
| CUERPO              |                         |                |                                    |                         |  |                                |                          |                        |   |   | F                                    | F-1 S-0 |
| SANGRE              |                         | S              | S                                  |                         |  |                                |                          |                        |   |   | S                                    | F-0 S-3 |
| TOTAL               | 5                       | 4              | 5                                  | 1                       | 4                                      | 3                              | 2                        | 3                      | 3   | 4                                       | 4                                    | 38      |
| TOTAL FISICOS       | 3                       | 0              | 2                                  | 1                       | 2                                      | 2                              | 2                        | 0                      | 1   | 2                                       | 2                                    | 17      |
| TOTAL SIMBÓL        | 2                       | 4              | 3                                  | 0                       | 2                                      | 1                              | 0                        | 3                      | 2   | 2                                       | 2                                    | 21      |

Tabla 2: Análisis temático de Sonetos del amor oscuro.

|   | SONETO GONGORINO | LLAGAS DE AMOR             | SONETO DE LA GURNALDA DE LAS ROSAS | EL POETA DICE LA VERDAD | EL POETA PIDE A SU AMOR QUE LE ESCRIBA       | AY VOZ SECRETA DEL AMOR OSCURO              | SONETO DE LA DULCE QUEJA                    | NOCHE DEL AMOR INSOMNE | EL POETA PREGUNTA A SU AMOR POR LA CIUDAD ENCANTADA DE CUENCA | EL POETA HABLE POR TELEFONO CON EL AMOR      | EL AMOR DUERME EN EL PECHO DEL POETA |                         |
|---|------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|--|---|---|------------------------|---|--|--------------------------------------|-------------------------|
| PRESENCIA/AUSENCIA  | NP               | NP                         | NP                                 | P                       | NP   | SENTIMIENTO                                 | HACIA EL AMANTE                             | P                      | NP  | P  |                                      | S-NP 3-P                |
| CUERPO -/+  | POSITIVO         | NEGATIVO                   | NEGATIVO (excepto muslo)           | NEGATIVO                | NEGATIVO                                     | NEGATIVO                                    | POSITIVO                                    | POSITIVO               | POSITIVO  | POSITIVO                                     | NEGATIVO                             | S-P 6-P                 |
| APARICION DEL CUERPO  | MUCHO(+4)        | MUCHO                      | MUCHO                              | POCO(-4)                | MUCHO  | POCO  | POCO  | POCO                   | POCO  | MUCHO  | MUCHO                                | M-6 P-5                 |
| TEMÁTICA SEXUAL/SENTIMENTAL   | SEX              | SEX+(SENT)                 | (SENT)+SEX                         | SEX                     | SENT   | SENT  | SENT  | SEX                    | SENT  | SENT   | SEX                                  | SENT-5 SEX-3 SEX+SENT-2 |
| CORPOREIDAD   | ENCRIPCIÓN       | EROTIZAR TRADICIÓN MÍSTICA | EROTIZAR LA TRADICIÓN MÍSTICA      | ALUSIÓN POR AUSENCIA    | SENTIMIENTO 3 LIGADOS AL CUERPO (EXPLICITOS) | SENTIMIENTO 3 LIGADOS AL CUERPO (IMPLICITA) | SENTIMIENTO 3 LIGADOS AL CUERPO (IMPLICITA) | NARRACIÓN              | NARRACIÓN SENTIMENTAL   | SENTIMIENTO 3 LIGADOS AL CUERPO (EXPLICITOS) | NARRACIÓN                            |                         |
| LA CORPOREIDAD SEGUN LA SEXUALIDAD PUEDE SER:   |                  |                            |                                    |                         |  |   |   |                        |   |  |                                      |                         |
| EXPLICITA: SUSTITUCION/DESPLAZAMIENTO/ENCRIPCIÓN, EROTIZAR LA MISTICA, LA NARRACIÓN Y LA ALUSIÓN POR AUSENCIA |                  |                            |                                    |                         |  |   |   |                        |   |  |                                      |                         |
| IMPLICITA O EXPLICITA: SENTIMIENTOS LIGADOS AL CUERPO   |                  |                            |                                    |                         |  |   |   |                        |   |  |                                      |                         |

NP: No presente  
 P: Presente  
 N: Negativo  
 Pos: Positivo  
 M: Mucho  
 Poc: Poco S  
 EX: Sexual  
 SENT: Sentimental



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Bonaddio, F. (2010). Federico Garcia Lorca: The Poetics of Self-Consciousness (p.106). Tamesis.
- Cáceres-Correa, I. (2011). *Memorias periféricas. Historia de Nuestra Américas y sus Mentalidades. Volumen 1*. Academia Libre y Popular Latinoamericana de Humanidades.
- Carretero, M. (2007). *Documentos de Identidad. La construcción de la memoria histórica en un mundo global*. Buenos Aires: Paidós.
- Costa, G (2015). *La homosexualidad reprimida en la vida y en la obra "Sonetos del amor oscuro" de Federico García Lorca*. Stephen F. Austin State University.
- (8) Del Arco, A. (2009) Análisis y estudio de la obra poética de Lorca. Tradición y Vanguardia. Madrid. Jornadas de Formación del Profesorado en la Enseñanza de L2- ELE.
- Eisenberg, D. (1988). «Reaction to the Publication of the *Sonetos del amor oscuro*». Bulletin of Hispanic Studies (en inglés) (65): 261-271.
- Fouz Hernández, S. (2007) *Una historia propia: la memoria homosexual en España*. Revista de Estudios Ibéricos y Latinoamericanos. Volumen 13.
- García Jurado, F. (2017). La estética idealista de la tradición literaria: una lectura del "Soneto gongorino" de García Lorca. n.d. Página web de Fundación Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5922809>
- Garlinger, PP (2002). Voicing (Untold) Desires: Silence and Sexuality in Federico García Lorca's *Sonetos del amor oscuro*. Evanston. Northwestern University.
- Gómez López, V (n.d) *Revisión de la literatura homoerótica masculina de entresiglos: de las posturas naturalistas a la frivolidad libertina de Álvaro Retana*. Universidad Complutense de Madrid.
- Gibson, I (2009). *Lorca y el mundo gay*. España. Libro de bolsillo.
- Martín Blanco, M. (n.d) *Los Fenómenos Extraordinarios en la Mística de Santa Teresa*. Página web de Fundación Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5363822>
- Madrigal Terrazas, S. (2016). *Teresa de Jesús: reformadora y mística*. Universidad Pontificia Comillas de Madrid.
- Martín Sánchez, M. (2011). *Aproximación histórica al tratamiento jurídico y social dado a la homosexualidad en Europa*. Estudios constitucionales.



- Matas Caballero, C. (1999 - 2000). *Federico García Lorca frente a la tradición literaria: Voz y eco de San Juan de la Cruz en los "Sonetos del amor oscuro"*. n.d. Página web de Fundación Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=853198>
- Leuci, V. (2008). *Eros y Thánatos: la mística del amor en los Sonetos del amor oscuro de Federico García Lorca*.
- Rincón Salazar, J. (2007) *Ramos, coronas, guirnaldas: símbolos de amor y muerte en la obra de Federico García Lorca*. Alicante : Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes.
- Riquelme, J., R. Talamás, C. (ed). (2019). *Antología poética de Federico García Lorca, del verso hondo al amor oscuro*. Valencia: Ediciones Micomicona.
- Serrano Segura, J.A. (2015). *Un pichón del Turia y dos sonetos: Gil-Albert y García Lorca*. BlogCódigo: <http://jass-codice.blogspot.com/2015/04/un-pichon-del-turia-y-dos-sonetos-gil.html>
- Krupa, M. (2016). *La psicomaquia juvenil de Federico García Lorca y la mística*. 25, febrero, 2017, página web de Fundación Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=692539>



## Elizabeth Bennet: la permanencia de un arquetipo literario en las pantallas contemporáneas

/ TERCER PREMIO

**AUTORA** | CARLA MARTÍNEZ MOXÓ

**COORDINADORA** | ANA MARÍA VALENCIA HERRERA

**CENTRO** | IES LOS ALBARES

**CIUDAD** | CIEZA-MURCIA

### RESUMEN |

Este estudio aborda un caso concreto, pero significativo de las relaciones entre literatura y cine: la figura de Elizabeth Bennet protagonista de la novela de Jane Austen «Orgullo y prejuicio» y cómo ésta ha sido transferida a la pantalla en los últimos treinta años. Esto cronológicamente coincide con la explosión del medio audiovisual y cierto retroceso de la novela clásica. Se conjugan dos materias de análisis, de un lado la naturaleza y características de la heroína literaria convertida en arquetipo y, de otro, el modo en que se ha abordado esta figura en las adaptaciones a la pantalla conservando o no su amplitud de registros, y la lectura fundamental tanto de la obra en sí, como de su personaje protagonista. Se analiza la figura de Elizabeth como arquetipo literario y la supervivencia de sus características y valores mediante una metodología de poética comparada y el estudio sistemático de la novela y de tres adaptaciones de la obra a las pantallas en diferente formato: filmico, serie y vlog.

**Palabras clave:** Jane Austen, Elizabeth Bennet, arquetipo, literatura, cine.



### ABSTRACT |

This study deals with a very specific but important example of the the relationships between literature and cinema: the character of Elizabeth Bennet, leading role in Jane Austen's novel «Pride and prejudice» and how she has been transferred to screens plays in the last thirty years. This has happened in the age of the audiovisual media explosion and classic novels reading regression. There are two subjects of study in play, one one hand we have the nature and personality of the literarian heroine as an archetype and on the other hand the way in which this character is developed in the screen plays adaptations, keeping or not the richness and main reading of both things the novel and its protagonists. The figure of Elizabeth as a literary archetype and the survival of her characteristics and values are analyzed through a methodology of comparative poetics and the systematic study of the novel and three adaptations of the work to the screens in different formats: film, series and vlog.

**Keywords:** Jane Austen, Elizabeth Bennet, archetype, literature, cinema.



## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la obra de Austen y de la que está considerada como una de sus mejores creaciones en cuanto a un personaje femenino, Elizabeth Bennet, se ve apoyada por la opinión de los críticos y los grandes autores, además de las muchas traducciones, reediciones, adaptaciones cinematográficas que se han llevado a cabo sobre ella y las llamadas “Jane Austen Societies”. Sin embargo, existen pocos estudios comparativos de las diferentes versiones y del tratamiento dado a la protagonista. Aquí se conjuga el estudio de la influencia del cine en la literatura como forma de análisis comparativo, abarcando un nuevo campo de literatura comparada, con dos soportes y lenguajes diferentes: el libro y el cine (Orta, 2012). Este estudio salta de la era de la gran expansión de la novela a la actual, de las pantallas. De una a otra transitará Elizabeth Bennet cruzando este tiempo.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. LITERATURA Y CINE

Aunque la literatura siempre ha sido más que suficiente para contar su propio relato proyectándolo en la imaginación del lector, el cine funciona como complemento visual, otorgando una nueva imagen a cada historia sirviéndose de la literatura desde sus inicios, así, según Couto-Cantero, P., Donapetry, M, Fiddian, R., Paz, J. M. (2011):

¿Qué tienen en común la literatura y el cine para que se quieran tanto y a veces se odien tanto? Tienen elementos lineales, técnicas formales, narrativas; audiencias y públicos parecidos; valores sociales, políticos comunes. Comparten también fuentes, la literatura no es ab initio, no nace de la nada, arquetipos, estrategias narrativas, contextos. Luego tenemos una especificidad absoluta de la literatura y del cine que no es transportable. El signo verbal tiene una iconicidad muy baja en cambio tiene una altísima función simbólica, el cine es imagen, pura imagen. Se cierran ciertas posibilidades, sí, pero se abren otras posibilidades que corresponden al cine (p. 197).

Habida cuenta de que muchos de los grandes éxitos cinematográficos proceden de adaptaciones cinematográficas de obras literarias como se estudia en este trabajo, las novelas de Jane Austen han sido una gran fuente de inspiración cinematográfica.

### 2.2. LA HEROÍNA EN EL CINE Y LA LITERATURA

La Real Academia Española registra la palabra “arquetipo” como “tipo soberano y eterno que se sirve de ejemplar y modelo al entendimiento y a la voluntad humanos”. No obstante, a la hora de establecer un nexo entre la definición y



su verdadera aplicación al mundo literario, se requiere de una perspectiva más amplia. Como afirma Sosa (2014), los arquetipos femeninos aparecen en la literatura y la novela histórica, bien como protagonistas bien como personajes secundarios con sus roles (sociales y personales), sus actuaciones, significaciones y caracterizaciones psicológicas, que les hacen singulares y objeto de generalización. Es necesario en este punto distinguir entre estereotipo y arquetipo, pues, citando a Cice (2021):

Un estereotipo no es más que la imagen que tenemos de un determinado personaje o colectivo en un ámbito en concreto, el cuál reúne una serie de características que, aunque no siempre se ajusten a la realidad crean en nuestra mente un modelo de dicho colectivo muy predefinido. Un arquetipo por el contrario es un personaje que no se ajusta a esos patrones establecidos, y reinventa el estereotipo que teníamos del mismo, añadiendo nuevas características, o modificando las que ya tenía.

La heroína como referencia literaria y femenina procede de la tradición más antigua del relato, se encuentra en la Schehrezade de “Las mil y una noches” y en los cuentos clásicos desde “Cenicienta” hasta “Caperucita roja”. Partiendo de esta base, las heroínas han ido surgiendo con el paso del tiempo y de mano de diferentes autores, sin embargo, no todas ellas han conseguido perdurar tras su creación. Un buen ejemplo de heroínas serían los personajes de Jo March y Natasha Rostova, de “Mujercitas” (1868), de Louisa May-Alcott y “Guerra y paz” (1869), de León Tolstói, respectivamente o el más clásico de Beatrice en “Mucho ruido y pocas nueces” de William Shakespeare (1598). Todas ellas han sido llevadas al cine en muchas ocasiones, sin embargo, su fuerza no reside en los guiones de las películas, sino en las páginas que escribieron sus autores, recurriendo al arquetipo. Jane Austen crea sus propios referentes que consiguen superar la barrera del tiempo y la memoria. Modelos posteriores tendrán rasgos en común con estas heroínas, contribuyendo a determinar lo que convierte un personaje en héroe.

## 3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Hipótesis: Jane Austen podría haber definido en el personaje protagonista de su novela “Orgullo y prejuicio” un arquetipo literario capaz de ser trasladado a las pantallas.

- Objetivo principal: analizar cómo los aspectos de carácter, personalidad y estilo de la protagonista de “Orgullo y prejuicio”, Elizabeth Bennet, han sido conservados o han cambiado a lo largo del tiempo en las distintas adaptaciones de la obra escrita, es decir, estudiar la permanencia de su arquetipo en las posteriores adaptaciones audiovisuales de la novela.

- Objetivos secundarios: 1. Analizar la figura de Elizabeth Bennet como heroína literaria clásica, en relación a los arquetipos literarios. 2. Estudiar otros factores



que, dentro de las obras en estudio, contribuyan indirectamente a dar forma a un relato de la protagonista que se aparte, o confirme su posición dentro de la novela.

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de este estudio es el producto de varios métodos. La tesis de Bassnett (1993) recoge que la literatura comparada implica el estudio de textos a través de culturas, es interdisciplinaria y se ocupa de los patrones de conexión en las literaturas tanto en el tiempo como el espacio. Por las orientaciones histórica y teórica, la disciplina encuentra dificultades para establecer un objeto de estudio singularizado. Sin embargo, esta aparente indefinición ha propiciado el acercamiento a otros campos del saber y la cultura, como es el cine en el caso del presente trabajo.

Siguiendo a Fernández (2006) en su estudio, se apostará por seguir a autores que intentan establecer una “poética comparada” y, por lo tanto, incluyen el cine dentro de estos estudios, aunque el papel dominante lo continúe llevando la literatura. Por lo tanto, para la realización de este estudio se sigue la metodología propia de la literatura comparada, teniendo en cuenta que para el análisis de las obras audiovisuales se seguirá el esquema de Bordwell (2000), recogido en el ensayo de Marzal y Gómez (2006), *Una propuesta metodológica para el análisis del texto fílmico*. Para la metodología general del trabajo se ha seguido el método comparativo semiótico-textual, definido por Paz (2004) y basado en la convergencia del sistema narrativo ficcional que reúne los caracteres comunes de narratividad y ficcionalidad de ambas artes.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. ASESORAMIENTO EXPERTO | Primera entrevista con expertos: reunión con el Vicepresidente de la Sociedad Jane Austen en España, el Dr. Miguel Ángel Jordán. Guía orientativa sobre el estudio y posterior acuerdo que lo sitúa como uno de los principales correctores y críticos de esta investigación.                                   |
| 2. GRUPO FOCAL           | Definición del carácter y la figura de Elizabeth Bennet en la novela con una mayor autoridad (científica) para, posteriormente, trabajar sobre esa afirmación de la manera más objetiva posible, si bien, a todos los efectos, la literatura y los caracteres son campos de estudio líderes en subjetividad.    |
| 3. REGISTRO LITERARIO    | Lectura sistemática y toma de datos simultáneas. Anotaciones en el cuaderno del investigador acerca de Elizabeth y los posibles factores que intervienen en la línea del personaje por cada capítulo, esto es, recogida de datos divididos en 61 secciones (una por capítulo) para perfilar la imagen de Eliza. |
| 4. REGISTRO FÍLMICO      | Junto a una selección de citas y/o escenas de la novela, estas se recogen en igual número de fichas técnicas, en las que se lleva a cabo el análisis y comparación de dichas citas con las escenas de las piezas audiovisuales que les corresponden. Véase Anexo 1.   |

Esta investigación comprende un carácter transversal pues analiza y trabaja con materiales que permanecen inmutables. La variable en la investigación es el arquetipo de Elizabeth Bennet y los parámetros de relación están representados por las diferentes filmaciones de “Orgullo y prejuicio”. Dado que esta investi-



gación sigue un enfoque cualitativo, el método de toma de datos será también cualitativo, recurriendo a los siguientes instrumentos:

#### FASES DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL:

- Fase preparatoria: se deciden las lecturas literarias y audiovisuales a utilizar. Se seleccionaron: la miniserie de BBC *Orgullo y Prejuicio*, de 1995; la película *Orgullo y prejuicio*, de 2005 y la serie web *The Lizzie Bennet Diaries*, de 2012. Las piezas la evolución en el tiempo según el formato: film cinematográfico, serie y vlog de YouTube.
- Fase preliminar: se realiza un grupo focal para determinar con mayor autoridad científica el carácter y la personalidad de la figura de Elizabeth Bennet. Se elaboran y diseñan los modelos preliminares de las fichas técnicas del cuaderno del investigador.
- Fase inicial: se realiza la lectura detallada, sistemática y profunda de la obra “Orgullo y prejuicio” y se completa, simultáneamente, la síntesis crítica de los capítulos, compuesta por anotaciones e información obtenida de la mencionada lectura sistemática.
- Fase intermedia: se hace la selección de citas de la obra y las escenas fílmicas que les corresponden y se completa el registro fílmico mediante las fichas técnicas oficiales.
- Fase final: se analizan los datos obtenidos, interpretan los resultados y se presentan los mismos estableciendo las conclusiones que responden a los objetivos marcados.

#### 5. RESULTADOS

##### INSTRUMENTO 1: ENTREVISTA Y ASESORAMIENTO

Los resultados de este trabajo vienen determinados por la aplicación del instrumento nº 1, la opinión experta de Miguel Ángel Jordán, que colaboró activamente para encontrar un campo dentro de los estudios sobre esta autora delimitado y asequible a una investigación de este tipo; tal es el caso de la protagonista de “Orgullo y prejuicio”, considerada como uno de los caracteres principales de las novelas de Jane Austen al mismo tiempo que objeto de adaptaciones. Fue durante la aplicación de este primer instrumento, la entrevista, cuando se concluyó que Elizabeth Bennet poseía, en su opinión, la fuerza suficiente para constituir un arquetipo literario, por lo que se pasó a enfocar el trabajo en el estudio de esta posibilidad y, después, su transposición al medio audiovisual.

##### INSTRUMENTO 2: GRUPO FOCAL

Establecido el criterio del instrumento nº 1, el grupo focal, sirvió para definir de una manera más objetiva y con mayor autoridad científica la personalidad



y evolución de la protagonista de “Orgullo y prejuicio”, de forma que sirviera de base para las fichas técnicas en que habrían de agruparse los registros literario y fílmico. Como personaje central de la novela, el resto de los personajes giran en torno a ella; es la fuerza dominante. Su personalidad está definida fundamentalmente por su inteligencia y sentido común, pero también por su honestidad y su valor, cualidades comunes en los arquetipos femeninos. Su orgullo, que se puede considerar como un defecto, proviene de la confianza en sí misma, en su razón y en su educación. Esta confianza precisamente es la que le conduce a emitir juicios apresurados, cayendo inevitablemente en los prejuicios. Todos estos aspectos se muestran a través de diálogos vivaces, ingeniosos y generalmente inteligentes. Demuestra también tener una faceta emocional y vehemente, que la acerca a las heroínas románticas y que, unida a sus otras cualidades, a veces la conduce a cometer serios errores de juicio. A lo largo de la novela se manifiesta una evolución hacia una mayor madurez en sus pensamientos y sus actos.

### INSTRUMENTO 3: SÍNTESIS CRÍTICA DE LOS CAPÍTULOS

Con la previa imagen especulativa de Elizabeth Bennet, producto del grupo focal, se comenzó la lectura sistemática de la que se extraería el instrumento nº 3, una síntesis crítica por cada capítulo de la novela, analizados individualmente y en profundidad. Los resultados de este instrumento responden a la fuente principal de información para la formación del relato sobre la personalidad de Elizabeth Bennet.

### INSTRUMENTO 4: REGISTRO FÍLMICO

Teniendo en cuenta los resultados de los instrumentos nº 1, nº 2 y nº 3, se pasó a seleccionar las escenas sobre las que aplicar el instrumento nº 4.

1ª escena: la obra fílmica más respetuosa es la de la BBC, mientras que la que hace una adaptación mayor es *The Lizzie Bennet Diaries*, en la que se pierde el orgullo como rasgo que reconoce Elizabeth como propio y que no es visto como un defecto. El juego verbal sobre el orgullo, aunque no está en la ficha, es un rasgo que aparece en la novela y se va desvirtuando hasta perderse en la última adaptación (TLBD). Los recursos narrativos son sustituidos en las versiones de 1995 y 2005 por primeros planos y fuertes expresiones faciales; TLBD se caracteriza por el uso de plano medio a cámara fija obligada a que todos los matices recaigan en la expresividad con frecuencia exagerada de las actrices, la idea que queda clara es la aversión a Darcy, pero no el orgullo de Elizabeth, con lo que se pierde la intencionalidad de la obra literaria.

2ª escena: la más fiel es la adaptación de la BBC, que recoge una cuestión importante en la obra literaria: señalar la relación de Elizabeth con el entorno natural, que actúa como espejo de la nobleza y sinceridad de Eliza, especialmente frente a la hipocresía de las damas de la nobleza. En la película de 2005, esto



también queda claro contribuyendo a perfilar el carácter independiente y libre de convenciones sociales de Lizzy. Por el contrario, en TLBD, no olvidemos que una filmación de bajo coste rodada en un solo escenario, se recurre a un ambiente completamente urbano, demostrando así la consideración fundamental de la serie más hacia el espectador contemporáneo eminentemente urbano que la necesidad de ser fiel al espíritu y el contenido de la obra literaria.

3ª escena: la miniserie BBC y el film de 2005 empatan en precisión respecto a la novela, a diferencia de los diarios, en los que el carácter y la sagacidad de Elizabeth se disipan por la gran adaptación y cambio de contexto. Las dos primeras recogen muy bien los ideales de Elizabeth, que, lejos de ser severa con su propio género, como se le acusa, se muestra compasiva con la imagen de la mujer mientras que reitera su posición moral frente aquellos que la intentan defenestrar.

4ª escena: todas las piezas hacen justicia a la escena original dentro de su propia capacidad. BBC sigue al pie de la letra la novela, como en la mayoría de obras, pero no por ello el film de 2005 o la web serie se quedan atrás. Ambos con mínimas modificaciones y sustituciones, recogen la idea exacta que la novela transmite. Elizabeth, dentro de su agudeza general, se muestra un poco más condescendiente con Darcy. Dicha condescendencia siendo producto de una fuerte confianza en sí misma, que a veces se puede considerar como un sentimiento de superioridad opacado por el brillo del personaje.

5ª escena: BBC y el film de 2005 hacen una adaptación bastante fiel a la escena, pero ambas carecen de matices importantes. En general, reflejan la personalidad burlona, coqueta y mordaz de Elizabeth, sin embargo, la BBC omite la mención de los retratos que hace Lizzy (objeto de estudio del pasaje) y 2005 comprime tanto la escena que la conversación pierde su parte sustancial y se vuelve irrelevante. Los diarios quedan demasiado lejos de comparación, dada la modificación absoluta del contexto, diálogo y participantes; se desvirtúa la escena y pierde sentido.

6ª escena: de nuevo, BBC y 2005 son mejores adaptaciones, representando así la escapatoria de Elizabeth de las convenciones sociales por sus propios medios, es decir, siguiendo sus principios e ideales sin importar la superioridad de este. La escena queda expuesta al riesgo de confusión: se puede interpretar la actitud de Elizabeth como una absoluta osadía, o como un perfil fuerte y seguro. Las piezas audiovisuales se encargan de asegurar la segunda opción. No obstante, TLBD cambia la escena en la parte esencial: la respuesta. Así, Lizzy queda rendida a esa impuesta superioridad, reduciendo considerablemente la personalidad y fuerza de carácter a niveles más mundanos.

7ª escena: si bien, todas las adaptaciones se han esforzado en potenciar la agresividad verbal de Elizabeth en esta escena, unas se acercan más a la Lizzy real que otras. El film de 2005 es la más parecida a la novela en cuanto a que reprime sus emociones y se muestra dura y mordaz, transmutando su tristeza en rabia





e ira. La BBC abandona un poco el carácter mordaz habitual de Elizabeth, que se presenta vulnerable y expuesta. Por último, TLBD, aunque se mantiene muy fiel a los diálogos originales, manifiesta una rabia incontrolada propia de Elizabeth Bennet, alejándose completamente de su personalidad.

8ª escena: la más respetuosa es la adaptación de la BBC, sin modificaciones y haciendo una representación exacta de la novela, seguida del film de 2005, que, a pesar de que comprime la escena para acortar su duración, consigue transmitir el mismo mensaje: reafirman el respeto propio, la seguridad en sí misma, la restitución de la dignidad y la fuerte presencia de Elizabeth con este diálogo. Los diarios muestran mucha precisión en la reproducción de la escena, pero desvían el mensaje original, esto es, aunque muestran una Elizabeth completamente racional y fuerte, no cumplen con la defensa propia que ésta tiene en las otras adaptaciones o en la novela.

9ª escena: ninguna de las adaptaciones es completamente fiel a la escena original, sufren parafraseos, sustituciones exageradas o modificaciones tan grandes que la esencia del pasaje se pierde. A la cabeza, la BBC continúa siendo la más precisa en su representación. Son visibles su evolución y madurez, pero la figura del padre abandona la imagen de bondad absoluta que se ofrece en el libro. Después, el film de 2005 se enfoca no tanto en la parte racional sino en la emocional, sumiendo a ambos personajes en un sentimentalismo ajeno a la personalidad de Elizabeth. TLBD no tiene cabida en este análisis, la escena se desvanece entre diálogos triviales y no es posible la apreciación de los diálogos originales o adaptados.

10ª escena: la escena se embriaga en las adaptaciones de un romanticismo carente de trascendencia moral. Tanto en la miniserie de la BBC como en los diarios de Lizzy Bennet, se reducen las escenas a la comunicación de sus inclinaciones. Es cierto que ambas representan con fidelidad la línea evolutiva de los personajes y el abandono de la superficialidad y los prejuicios, pero al perderse la parte racional de la declaración, se pierde también el objeto de estudio del pasaje. El film de 2005 omite directamente esta escena, lo que podría significar la consideración de que estos valores vengan dados en previas escenas a lo largo de la película.

## 6. CONCLUSIONES

Se concluye que la novela define con una gran riqueza de matices y de manera exhaustiva una personalidad compleja, caracterizada por una fuerte inteligencia, agudeza y honestidad. Esta se pone de manifiesto tanto en los diálogos como en las actuaciones de Lizzy. El orgullo, tal como podemos ver en las citas de los capítulos 1 y 11 (véase *Anexo*) si bien puede verse como un defecto, es justificado cuando se trata de personas de “valor”. Únicamente los prejuicios que llevan a un juicio apresurado son considerados en sentido negativo; esto permanece inalterado en la novela. Según Galán (2015) incluso la menos canó-



nica de las adaptaciones, los diarios de Lizzy Bennet, se mantiene fiel al espíritu de Austen y representa solo una adaptación de los personajes a los comportamientos actuales. La aguda inteligencia de Elizabeth se mantiene en la adaptación de la BBC, ya que es la que más ha conservado los diálogos originales y completos de la novela, mientras que, en la película de 2005, buena parte de la responsabilidad de transmitir la personalidad de la heroína corresponde a la actriz, que ganó un Óscar por esta interpretación. En esta adaptación sostiene Martínez Vilches (2016): el carácter de Lizzy parece mucho más marcado frente al resto de las mujeres que se limitan a asentir, constituyendo el arquetipo de la mujer moderna que no permite que otros tomen decisiones sobre su vida; son estas consideraciones las que han llevado a diversos autores a hablar de protofeminismo, aunque no esté exenta de contradicciones provocadas por sus sentimientos como cuando se ve obligada por sus principios a rechazar la primera declaración de Darcy, véase Resultados. Estos mismos principios son los que la llevan a defender orgullosamente su posición social, frente a la superioridad de Lady Catherine y las otras damas nobles, haciendo patente que la virtud y la honestidad se encuentran por encima de las apariencias y el dinero, y que son suficientes para alcanzar la felicidad. Hay claramente una evolución en el personaje que proviene de la experiencia de la vida, además de cierta madurez que le proporciona descubrir el desarrollo de sentimientos que (Martínez Vilches, 2016) cuentan con múltiples capas que se va desarrollando y creciendo con el mutuo conocimiento más allá de la primera impresión, que es negativa, véase *1ª escena, Resultados*. Esto sí aparece recogido en todas las adaptaciones. A lo largo de las diferentes adaptaciones se observa una evolución en el tratamiento e importancia de los personajes, deambulando entre Darcy, Lizzy, o ambos. En los diarios, que incluso cambian el nombre para darle protagonismo, Elizabeth se convierte en la figura central. Esto también podría interpretarse en clave feminista a tenor del crecimiento de estas manifestaciones en la pantalla, Valero (2013).

En cuanto los objetivos secundarios, por lo que respecta a la relación de Elizabeth Bennet con otros arquetipos literarios, una vez que los resultados han concluido los principales aspectos que definen su personalidad y entre ellos su inteligencia, y ser witty, (viveza o agudeza), se encuentra que, junto a su referente inmediato, la shakesperiana Beatrice, de “Mucho ruido y pocas nueces” (1600) constituyen un nuevo arquetipo literario de mujer, que establece su poder dentro de la sociedad, usando su capacidad verbal y su talento para contender con las figuras masculinas o que en el texto representan la autoridad impuesta, y establece el equilibrio entre su actuación y lo que es aceptable socialmente. Aunque existen diferencias entre las dos mujeres, la condición que adquieren por su inteligencia las convierte en un arquetipo de heroína literaria (Henthorne, 2015). En el caso de su relación con Jo March protagonista de “Mujercitas”, ambas participan del gusto por el conocimiento y muestran personalidades fuertes lejos de las convenciones sociales capaces de rechazar matrimonios por interés y seguir su propio camino en búsqueda del verdadero amor, lo que las integra dentro del clásico de la heroína que por amor vence dificultades hasta que lo alcanza, alcanzando ella misma la plenitud de su persona. Por otra parte,



se convierten en arquetipos antagónicos Madame Bovary o Ana Karenina, en dirección contraria, mujeres a las que la pasión lleva a la desgracia. En relación a la figura de Natasha Rostova, las diferencias son mucho mayores, encontrándose Natasha en un punto de transición entre la joven fácilmente apasionada a la mujer madura, la evolución final de ambos personajes a los que las vicisitudes maduran es su punto de semejanza.

Con respecto a los otros factores que inciden, destaca la contraposición entre las descripciones de elementos naturales con los que se identifica Elizabeth y en los que se encuentra, y el mundo social al que se opone, representado por los interiores; este riquísimo e importante matiz se conserva en la serie de la BBC y la película del 2005, pero se pierde por completo por razones del formato en los diarios de Lizzy Bennet y con ello, una amplia serie de matices muy importante en la novela. El espacio es un elemento activo dentro de la novela, es un adjetivo de Elizabeth representando su naturalidad, pureza y honestidad, frente a los recargados salones de la nobleza. La escena final de la película de 2005 al amanecer respeta este sentido de comienzo limpio, que también está en la novela y en la declaración final de la serie de la BBC, que se desarrolla al aire libre en medio de la campiña, mientras caminan, lo mismo que en la novela, donde la escena es muy parecida. Por el contrario, la primera declaración, que es rechazada, se produce en el interior en ambos casos. En los diarios esto se pierde por completo, por un único interior. La importancia del paisaje es tal que el mismo evoluciona con la propia Elizabeth a lo largo de la novela.

Se puede concluir, en respuesta a la pregunta de investigación, que Jane Austen forjó mucho más que un personaje en Elizabeth Bennet, creó un arquetipo literario capaz de recorrer más de dos siglos y mantener su esencia en las diferentes adaptaciones audiovisuales incluso en las más contemporáneas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Austen, J. (1987). *Orgullo y prejuicio*. Madrid, España: Cátedra.
- Bevan, T., Fellner, E., Webster, P. (productores) y Wright, J. (director). (2005). *Orgullo y prejuicio*. Reino Unido: StudioCanal Working Title Films.
- Birtwistle, S. (productor). (1995). *Orgullo y prejuicio*. Inglaterra: BBC.
- Chan, M. M. (2007). Location, location, location: The spaces of *Pride & Prejudice*.
- Cice. La escuela profesional de nuevas tecnologías. (2021). ¿En qué se diferencian un estereotipo y un arquetipo?
- Couto- Cantero, P., Donapetry, M., Fiddian, R., Paz Gago, J. M. (2011). *Literatura y cine, un diálogo enriquecedor*.



- Fernández, L. M. (2006). *Literatura y cine (desde esta ladera: la literatura comparada)*.
- Galán Rodríguez, N. M. (2015). Looking for Austen in the 21st century: from *Pride and Prejudice* to *The Lizzie Bennet Diaries*.
- Gómez Tarín, F. J., Marzar Felici, J. (2006). Una propuesta metodológica para el análisis del texto fílmico.
- Henthorne, T. A. (2015). "There is a stubbornness about me that never can bear to be frightened at the will of others": Constructions of Beatrice and Elizabeth as the Witty Woman.
- Jordán Enamorado, M. Á. (s.f.) *Las obras de Jane Austen vistas por los lectores del siglo XXI*.
- Martínez, Vilches, J. S. (2017). Personajes universalmente conocidos: buscando a Elizabeth y Mr Darcy en el cine contemporáneo.
- Orta Carrique, E. (2012). Análisis comparativo entre literatura y cine. Estudio etnográfico en el aula.
- Paz Gago, J.M. (2004). Propuestas para un replanteamiento metodológico en el estudio de las relaciones de literatura y cine. El método comparativo semiótico-textual.
- Powell, J. (productor). (2012). *The Lizzie Bennet Diaries*. US.: Pemberly Digital. De YouTube.
- Rueqena Pérez, L. (2019) Challenging gender roles in Austen's *pride and prejudice* and Alcott's *little women* and their reception. A comparative study.
- Schacht, E. (2007). *Pride and Prejudice by Jane Austen, and Little Women*.
- Sosa, H. (2014). Arquetipos femeninos en la novela.
- Valero, A. (2013) Elisabeth Bennet y Bridget Jones del profeminismo al postfeminismo. *Forum de investigación*. Nº 18. pags.27-44.

## 8. ANEXOS





## El Cómic como propaganda: ¿Por qué no se usó en la Guerra Civil Española?

/ ACCÉSIT

**AUTORA** | ANA RODRÍGUEZ DE LA FUENTE

**COORDINADOR** | ALFREDO CACHO GÓMEZ

**CENTRO** | IES RAMIRO DE MAEZTU

**CIUDAD** | MADRID

### RESUMEN |

La efectividad del cómic como propaganda se demuestra gracias a la popularidad que adquiere en una gran variedad de conflictos durante el Siglo XX.

Sin embargo, en la Guerra Civil Española (1936-1939), llama la atención el poco uso que se hace de este medio a pesar de su aparición a principios de siglo en este país y contradiciendo lo que cabría esperar.

Este trabajo, a través del método de investigación analítico-sintético, pretende explicar y razonar las causas que están detrás de este hecho y determinar que las razones de esta circunstancia recaen en la escasez de medios, el analfabetismo y la concepción que se tenía del cómic en España durante este periodo histórico. En primer lugar, el desabastecimiento y escasez de medios presentes en ambos bandos del conflicto, impidieron que el cómic propagandístico adquiriera la importancia de otras guerras al redirigirse los fondos a otros medios propagandísticos más baratos.

Por otro lado la concepción del cómic especialmente en el bando republicano limitó el cómic a ser concebido como un área de entretenimiento para niños dejando de lado a la población adulta y viéndose restringido desde un punto de vista propagandístico con el fin de proteger algo de la infancia de los niños involucrados en el conflicto.

Y finalmente, el analfabetismo, fundamentalmente en el bando sublevado, impidió que las revistas escritas en las que los cómics se encontraban contenidas llegaran al lector y al soldado, a pesar su alto contenido visual, elemento que sí que ayudó en el caso republicano pero que se empleó con fines educadores en vez de propagandísticos.



### ABSTRACT |

The effectiveness of the comic as propaganda is demonstrated thanks to the popularity it acquired in a wide variety of conflicts during the 20th Century, however.

In the Spanish Civil War (1936-1939), its use stands out due to its absence and limited appearance despite its previous development at the beginning of the century in this country and contradicts what one might expect.

This work, through the analytical-synthetic method of experimentation, intends to explain and reason the causes behind this fact and determines that the reasons behind this circumstance lies in the scarcity of means, the illiteracy and the conception of the comic in Spain during this historical period.

In the first place, the shortages and lack of means present on both sides of the conflict prevented the propagandist comic from acquiring the importance seen in other wars and redirected the available funds to more affordable propaganda means.

On the other hand, the conception of the comic, especially on the republican side, limited the comic to being conceived as an entertainment area for children, leaving aside the adult population and being restricted from a propagandist point of view in order to protect the childhood of the children involved in the conflict.

And finally, illiteracy, fundamentally on the national side, prevented the written magazines in which the comics were contained from reaching the reader and soldier, despite their high visual content, element that did help in the republican case but was instead used with educational rather than propaganda purposes.



## 1. INTRODUCCIÓN

El cómic se puede definir como: “narración secuencial mediante imágenes fijas” (Castillo Vidal, 2004, citado en Jaime, 2015), es decir, una sucesión de imágenes (compuestas por caricaturas dibujadas) que se complementan con textos (Jaime, 2015). Esta unión entre el mundo de la imagen con el mundo de la literatura ha llevado a este medio a obtener gran popularidad y a convertirse en un fenómeno cultural a nivel mundial. Sin embargo más allá de la función artística, estética y lúdica, el cómic es un aparato ideológico que puede llegar a funcionar como medio de difusión masiva (Jaime, 2015). No es casualidad entonces que el cómic se empleara como medio propagandístico (Jaime, 2015).

Por otro lado, la guerra civil española fue un conflicto surgido entre 1936 y 1939, a raíz de un golpe de estado infructuoso. Como todo conflicto incluido en el llamado siglo de la propaganda y acentuado por su marcado carácter ideológico (Pizarroso Quintero, 2005), la propaganda fue una parte especialmente importante de esta guerra (Espinosa-Etxenike, 2019; Curros y Leite, 2004), generando un amplio despliegue de medios (Martín, 2017, p.15) y una auténtica guerra de papel (Martín, 2009). Incluso se llega a decir que era un arma “más peligrosa que el propio armamento bélico” (Curros y Leite, 2004) y se afirmaba que “el dominio de corazones y mentes [era] la continuación de la propia guerra” (Ramonet, 2001, citado en Curros y Leite, 2004).

Entonces, sabiendo de la alta carga ideológica y del amplio despliegue propagandístico en la Guerra Civil Española, y de la efectividad del cómic como método de difusión de ideas políticas, sorprende saber que aunque el cómic ya había surgido en España al comienzo de esta guerra, este medio no llegó a adquirir la labor propagandística que se pudo ver en otros guerras similares (Carmona, 2019). ¿Por qué ningún bando de la Guerra Civil Española siguió la misma línea que los estadounidenses en la Primera Guerra Mundial, tras haberse observado tal éxito propagandístico con el cómic? ¿En qué se diferenció la situación en España para que el cómic no se convirtiera en un arma de doble filo que sirviera no solo para entretener a la población general sino también para añadir adeptos a uno u otro bando? Estas preguntas me surgieron al observar el inesperado potencial político que podía adquirir un medio tan presente en la vida de muchos adolescentes hoy en día y darme cuenta de que sin embargo no se explotó en una guerra que sigue tan profundamente marcada en la memoria de la sociedad española (Pichel, 2019).

El deseo de encontrar una respuesta libre de juicios me llevó a buscar respuestas en la biblioteca, misión de la que salí con las manos vacías debido a la falta de respuesta en la bibliografía actual. El trabajo como historiador requiere una gran disciplina y una gran exhaustividad y la limitación de los métodos y de fuentes pertinentes dificultan su labor, pero ayuda a aportar claridad en un pasado sin referencias y lleno de exactitudes. Por esto mismo quise meterme en su



mundo con el propósito de encontrar esa claridad en la cuestión que me inquiría e intentar investigar las causas de esta situación tan sorprendente para mí.

## 2. ANTECEDENTES

El cómic se considera un tipo de propaganda<sup>1</sup> basada en la imagen. Esta propaganda contiene una alta intencionalidad didáctica y un alto poder de sugestión, siempre en defensa de una ideología (Pulpillo Leiva, 2014, p. 130). Una imagen no pide al receptor que piense o reflexione la realidad o la verdad que presenta, sino, simplemente, le muestra una realidad para ser aceptada y para ser creída (Pulpillo Leiva, 2014, p. 130).

Se empieza a desarrollar el uso del cómic como propaganda en la Primera Guerra Mundial y, aunque llega a su punto álgido en la Segunda (García Ruiz, 2018, p. 29), también tuvo gran importancia en el periodo de entreguerras, ejemplificando esto en la segunda parte de la Guerra Chino-Japonesa con el *manhua* (historieta china) (García Ruiz, 2018, p. 4) y continuando durante la Guerra Fría (Hormaechea Ocaña, 2020, p.8). Varios ejemplos de cómics que como decía Stan Lee, padre de muchos de los personajes de Marvel, “tenían tanta propaganda proamericana que podía imaginarse que estábamos siendo subsidiados por el gobierno”, siguen presentes en los cómics que han llegado nuestros días, ya sea la batalla contra los nazis, a los que ahora nos referimos como Hydra, de *Capitán América*, *Superman* con sus ataques a las potencias del eje o *Wonder Woman* que además de ser una figura icónica en la reivindicación de los derechos de la mujer, lucha contra la amenaza nazi junto a los Aliados (García Ruiz, 2018, pp. 15,16,19-21; Jaime, 2015). Al otro lado de la trinchera podemos encontrar mangas menos conocidos en el presente como *Norakuro*, una destacada obra de Suhou Tagawa y la más propagandística *Hakanosuke Hinomaru* de Kikuo Nakajima. (García Ruiz, 2018, pp. 10, 11).

Aunque se pueden llegar a encontrar muchos estudios sobre el empleo del cómic propagandístico en otras guerras, a la hora de buscar fuentes para este estudio específico en una guerra española se encuentra un vacío historiográfico, siendo el tema del cómic en la Guerra Civil Española prácticamente inexplorado por los historiadores y en concreto la pregunta planteada sobre su uso propagandístico inédita en el campo. Los escasos expertos en el tema, como Antonio Martín y Tomás Ortega, apoyados por autores menores como Triguero, llegan a la conclusión de que, aunque pudo observarse una copiosa producción, el cómic no se empleó como propaganda durante este periodo de la historia española, pero como antes se ha mencionado, siguen sin aportar ni explorar razones posibles que puedan justificar el hecho.

1. Para una definición más explícita de la propaganda véase el Anexo 1: Definiciones a considerar (En el código QR)



### 3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene como objetivo encontrar las condiciones y concepciones de la sociedad española, que influyeron en que el cómic<sup>2</sup>, un método de propaganda altamente efectivo (Vázquez de Parga, 1980, p. 65), ya empleado durante la Primera Guerra mundial (1914-1918) (García Ruiz, 2015) y presente también durante la Segunda Guerra Chino-Japonesa (1937-1945) (Crespi, sin fecha; Peiró Márquez, 2019), no adquiriera la trascendencia esperada durante la Guerra Civil Española (1936-1939). Por ello se pretenderá construir una respuesta a la cuestión basada en el estudio de otros trabajos similares en el campo y la relación entre la situación española de la industria española del cómic y los sectores encargados de la propaganda en ambos bandos, sublevados y republicanos, con el uso que (no) se le dio al cómic propagandístico. Por lo tanto el trabajo tratará de explorar y probar la hipótesis de que se pueden centralizar las posibles causas para este hecho en: la escasez de medios, el analfabetismo y la concepción del cómic que se tenía en España en ese momento.

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Como materiales se han estudiado desde artículos que describen la aparición de la propaganda durante la guerra civil española, como los escritos por Alejandro Pizarroso Quintero y Carlos Pulpillo Leiva, hasta ensayos que describen la situación bélica en España, como los de Narciso de Gabriel, Elena Martínez Ruiz y Miguel Alonso Ibarra además de artículos similares a el objetivo de esta investigación en cuestión como el empleo del cómic en otros conflictos como el de Manuel García Ruiz o el de Andrea Hormaechea o sobre el cómic en sí, como el de Alejandra Jaime. Todas las fuentes fueron obtenidas en revistas, artículos en internet o de libros obtenidos en la Biblioteca Nacional de España o de la Biblioteca Francisco Ibáñez ambas de Madrid.

Respecto a la metodología empleada se ha pretendido hacer un trabajo exhaustivo y objetivo basado en la metodología de investigación típicamente usada por los historiadores, el método analítico-sintético, yendo desde la situación general, el cómic y la propaganda en España a el caso concreto de la combinación de ambos durante la Guerra Civil (síntesis heurística) observando otros trabajos sobre cuestiones similares como referencia, y desde ahí apoyar y comprobar la validez de las conclusiones relacionándolas con el escenario social, económico y educativo español (síntesis hermenéutica) (Delgado García, 2010). Finalmente se realiza un análisis de los valores y de las limitaciones de las principales fuentes que se emplean en este estudio para analizar el valor del conocimiento que nos aporta y la veracidad y fiabilidad de este y se aplican estas conclusiones en los resultados anteriores del trabajo (este paso se realiza

2. Se utilizarán indiscriminadamente en esta investigación los términos cómic, historieta y tebeo, refiriéndose siempre a los mismo. (Ver Anexo 1: Definiciones a considerar en el código QR).



también de forma menos exhaustiva cuando se estudia una nueva fuente pero se debe aceptar que ninguna fuente es completamente fiable).

### 5. RESULTADOS

Como se ha mencionado anteriormente en la hipótesis tras el estudio de la bibliografía se determina que se pueden centralizar las posibles causas detrás del desuso del cómic como propaganda en: la escasez de medios, el analfabetismo y la concepción del cómic que se tenía en España en ese momento. Los resultados explican el porqué de la elección de estas tres causas y el análisis de las principales fuentes de la investigación.

#### 5.1 ESCASEZ DE MEDIOS

La importancia del cómic en la Guerra Civil Española como propaganda se vio condicionada, en primera instancia, por su poca utilización, principalmente causada por la escasez de medios presente en la guerra (Ibarra, 2019, p.353; Martínez Ruiz, 2006, p.47). En el bando sublevado, al inicio de la guerra, se produce una total desaparición de los tebeos anteriormente en circulación (Martín, 2017, pp.11-53), parándose la “efervescencia editorial” previa de la industria del cómic (Triguero, 2018). Causa de esto fue que este bando no poseía ningún recurso viable para la producción de este tipo de propaganda, al menos hasta la conquista de San Sebastián (13 de Septiembre 1936), donde se pudo adquirir acceso a mejores imprentas (Viana, 2019), aunque los recursos siguieron siendo muy limitados. Esta desaparición imposibilitó el desarrollo temprano del cómic, por lo que su importancia fue, de alguna forma, cedida a otras formas de propaganda con más desarrollo anterior y menos exigencia de recursos.

Al contrario del bando sublevado, donde la escasez influyó enormemente al inicio del conflicto, la ineficaz gestión republicana de recursos en la guerra (Monroy Antón y Rocafort Pére, 2006, p.5), hizo que, aun contando en un primer momento con una infraestructura mucho mayor para la producción de propaganda (Pizarroso Quintero, 2005), empezaran a aparecer problemas de tipo técnico, como el desabastecimiento de papel (Martín, 1978, p.192), que obligaron a la eliminación de secciones en la prensa y revistas republicanas, siendo la primera de las secciones eliminadas las historietas (Martín, 1978, p.163). Probablemente, el mayor gasto que involucraba la historieta fue lo que generó que en este ambiente de recortes se priorizaran otras secciones más económicas a la hora de su utilización, haciendo perder al cómic importancia como propaganda.

#### 5.2 ANALFABETISMO

Otra posible razón viable es la alta tasa de analfabetismo entre los receptores de la propaganda, los españoles, que varía según las fuentes de un 25% (Santos, 2019) a un 42% (Gabriel, 1997, p. 203). En el bando sublevado la aparición de



la historieta nunca fue de forma individual, sino como elemento dentro de las revistas o la prensa (Martín, 1978, p.227), de la mano de otros textos o publicaciones (Catalá-Carrasco, 2015, p.227). El cómic presentaba una función más como recurso compensatorio, de refuerzo de esos textos, secundaria a la hora de presentarse como propaganda, albergando un estilo más comunicativo y estético (Martín, 2017, p.30; Martín, 1978, pp. 219, 227). Esa dependencia del texto escrito, además de una menor popularidad (Carmona, 2019) derivada del contexto de analfabetismo, podría haber generado que el cómic perdiera importancia como propaganda frente a otros medios alternativos, como por ejemplo el cartel, donde primaba la imagen, más independientes del texto e igual de efectivos.

Por el contrario, el bando republicano se centraba más en la imagen (Jiménez, 2019), favoreciendo la sencillez, la brevedad y concisión del elemento textual, generando un cómic más atrayente al analfabeto (Espinosa-Etxenike, 2019; García Ruiz, 2018, p. 4). Aun así el analfabetismo en la España Republicana genera el desplazamiento de la finalidad persuasiva e ideológica del cómic por una pedagógica (Jiménez, 2019; Pizarroso Quintero, 2005; Tóvar, 2016), por consiguiente perdiendo importancia como propaganda en sí misma, eso sí buscando esa mejora de la calidad y las condiciones de vida entre sus filas.

### 5.3 CONCEPCIÓN DEL CÓMIC

Como última causa posible se presenta la concepción del cómic meramente como un “espacio de entretenimiento para niños” (Triguero, 2018). Esto genera una asociación únicamente con un público infantil, en deterioro del público adulto (Martín, 1978, p.156), por lo tanto perdiendo importancia propagandística en este campo<sup>3</sup>. En la España sublevada esto podría haber aumentado, aunque no de forma suficiente, la presencia del cómic como propaganda, usándose como un recurso más para “encuadrar ideológicamente” (Martín, 1978, p.166) a una juventud que empezaba a ser políticamente activa (Martín, 2017, p.18).

En el bando republicano, la multiplicidad de ideologías y el enfrentamiento de prioridades de cara a la guerra (Martín, 1978, p.156), complica este razonamiento. Se observan distintas posturas, unas que defendían la exclusión total de la figura del niño de la guerra (Viana, 2019; Martín, 1978, p.159), por consiguiente relegando al cómic meramente a ser un “medio de entretenimiento infantil” (Alary, 2002) y otras, como la del sindicato de la UGT (Unión General de Trabajadores), que creían en la educación de estos niños “de cara a la guerra” (Martín, 1978, p.159), siguiendo la misma línea que los sublevados. Se puede apreciar una evolución a lo largo de la guerra de la primera idea, a la segunda, dominante más o menos ya en 1937 (Martín, 2009), aunque nunca llegando a adquirir significativa importancia como arma propagandística (Martín, 1978, p.204).

3. Aun así podemos observar algunas excepciones como La Ametralladora en el bando sublevado, aunque estas presentan un elemento extra humorístico.



### 5.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes más importantes en esta investigación son: “Historia del cómic Español: 1875-1939”, de Antonio Martín, una obra de referencia que aporta un estudio detallado y completo del cómic, citada en la mayoría de estudios sobre el tema y “ ‘Marchan a España los rojos con un poco de canguelo’: así fue la Guerra Civil en las trincheras del cómic”, un artículo de Israel Viana, que siendo el más actual disponible, describe los cómic que aparecieron durante la guerra civil relacionándolos con los hechos históricos del momento que influyeron su aparición.

Respecto a su origen, un valor de la obra de Antonio Martín, publicada en 1978, en Barcelona, por la editorial Gustavo Gili S.A., es que su autor es un especialista en el tema estudiado y que al estar alejada temporalmente de los acontecimientos puede analizar estos en retrospectiva. Por el contrario, una limitación es su fecha de publicación, pudiendo haber surgido nuevos estudios que pueden haber tratado al cómic de distinta manera. Respecto a su propósito, se valora que el autor pretende mostrar y analizar los acontecimientos relativos al cómic objetivamente, pero limita la investigación al no analizar específicamente la pregunta de investigación. Respecto a su contenido, el principal valor de esta fuente secundaria es su amplia descripción de las historietas presentes en España, pero se ve limitada por abarcar un periodo histórico más amplio del estudiado<sup>4</sup>.

Refiriéndonos al artículo de Israel Viana, publicado el 27 de Abril 2019 en la sección digital de ABC Historia, un valor respecto a su origen, de esta fuente secundaria es que es relativamente reciente<sup>5</sup>, incluyendo los últimos datos disponibles sobre la historieta española y viéndose libre de la censura existente los 36 años posteriores a la guerra, en cambio una limitación sería que al ser la guerra Civil aún un tema candente en España, la fuente podría no ser totalmente objetiva. En relación al propósito, el hecho de que sea un artículo, nos presenta el valor de que pretende informar sobre un hecho, pero bajo la limitación de que este hecho se observa desde el punto de vista único del periódico del ABC. El contenido de esta fuente, es un valor al incluir fechas y referencias históricas precisas pero se ve limitado al no centrarse específicamente en la pregunta de investigación y al poder contener cierto sesgo y juicios de valor como “formidable reportaje”.

### 6. CONCLUSIONES

Tras un análisis más detallado de la situación en España durante la Guerra Civil, se puede concluir que la causa principal por la que el cómic no fue impor-

4. El libro es de 1875 a 1939, y la guerra civil española de 1936 a 1939.

5. El artículo fue actualizado por última vez el 27 de Abril del 2019 a las 21:06h



tante durante el conflicto fue el desabastecimiento presente en ambos bandos, seguido de la concepción que se tenía del cómic en el bando republicano y el analfabetismo en el bando sublevado. Aun así cabe destacar que este fenómeno no fue causado por un solo elemento sino por la combinación de estos.

Respecto a la escasez de medios, en el bando sublevado fue total en los inicios y luego muy significativa, obstaculizando la aparición y el desarrollo del cómic como propaganda, impidiéndole adquirir importancia. En el bando republicano, esta escasez se empezó a sentir con la guerra más avanzada, y el desabastecimiento generó que se diera más importancia en la propaganda a medios que posiblemente involucran menor gasto de recursos.

El alto porcentaje de analfabetismo en España generó repercusiones distintas para el cómic en los dos bandos. En el bando sublevado el cómic no se presentó como un método en sí mismo, por lo que se vio lastrado por la menor efectividad e importancia que adquirieron las revistas escritas en las que estaba incluido, reduciendo su popularidad como propaganda. En cambio en el bando republicano sí que se explotó esa mayor efectividad relacionada con la imagen que presentaba, el problema es que se le dio más importancia a la alfabetización en sí, desplazando el propósito de inculcar los ideales del bando republicano y perdiendo importancia como propaganda.

Finalmente la concepción de que el cómic solo era un área de entretenimiento para niños, primero redujo el campo de acción del cómic excluyendo a los adultos en ambos bandos. Y aunque no así en el bando sublevado, ciertas corrientes del bando republicano impidieron que el cómic adquiriera importancia como propaganda a fin de proteger la infancia de los niños.

## 7. AGRADECIMIENTOS

He de agradecer a muchas personas el haber podido realizar este trabajo de investigación, personas sin las que este trabajo seguramente no hubiera llegado a ser como es hoy en día. En primer lugar debo de mostrar mi más sincero agradecimiento a Alfredo Cacho por haberme dirigido esta investigación y haberme mostrado la esencia de la historia más allá de la memorización acrítica de los hechos y de la visión eurocentrista de muchos de nuestros conocimientos. Por otro lado debo agradecer a otro profesor de mi instituto con el que nunca he tenido el placer de tener clase pero que me ayudó en gran medida a empezar con mi investigación tras conocer el tema de esta, Federico Beltrán. Como no olvidarme del Instituto Ramiro de Maeztu el cual me acogió y tanto me ha ayudado a crecer no solo en mi vida académica sino también en la personal y al Bachillerato Internacional por mostrarme la educación desde otra perspectiva y la necesidad de ser rigurosa en la investigación. También veo imprescindible incluir a los agradecimientos a la Biblioteca Nacional de España la cual me abrió sus puertas y me dio acceso a tantos documentos como pudiera necesitar par la realización de esta investigación y me hizo sentir como una verdadera



historiadora. Y por último agradecer a mi familia, mis padres y mi hermano, por todo el apoyo que me brindan y por soportarme cuando me frustraba y celebrar conmigo cuando resolvía un dilema. Gracias a todos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA RESUMIDA

- [García Ruiz, M. (2018) *La II Guerra Mundial. Eclósion del cómic de Propaganda*. 17/10/21, de IEEE: Instituto Español de Estudios Estratégicos. [http://www.ieee.es/en/Galerias/fichero/docs\\_marco/2018/DIEEM07-2018\\_IIGM\\_Eclasion\\_ComicPropaganda\\_MGarciaRuiz.pdf](http://www.ieee.es/en/Galerias/fichero/docs_marco/2018/DIEEM07-2018_IIGM_Eclasion_ComicPropaganda_MGarciaRuiz.pdf)
- [Ibarra, M.A. (2019) *El ejército Sublevado en la Guerra Civil Española. Experiencia bélica, fascitización y violencia (1936-1939)*. 17/10/21, de Tesis Doctorals en Xarxa. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/667946/mai1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [Martín, A. (1978). *Historia del cómic español: 1875-1939*. Barcelona, España: Gustavo Gili S.A.]
- [Martín, A. (2009) *Los TBOs de la Guerra Civil Española. Niños y Propaganda. 1936-1939*. Tríptico de la Exposición. 17/10/21, de Ministerio de Cultura y Deporte. [http://va.www.mcu.es/novedades/2008/novedades\\_Tebeos\\_Guerra\\_Civil.html](http://va.www.mcu.es/novedades/2008/novedades_Tebeos_Guerra_Civil.html)
- [Pizarroso Quintero, A. (15/06/2005). *La Guerra Civil española, un hito en la historia de la propaganda*. El Argonauta Español, 2. 17/10/21 <https://doi.org/10.4000/argonauta.1195>
- [Martín, A. (2017). 'Historia de la prensa española Las revista infantiles Falangistas en la guerra de papel de la propaganda. España'. En *Historieta o Cómic. Biografía de la narración gráfica en España* (Pp. 11-53 )Edizioni Ca'Foscari. 17/10/21. <http://doi.org/10.14277/6969-146-1/RiB-4-1>
- [Pulpillo Leiva, C. (2014). *La configuración de la propaganda en la España nacional (1936-1941)*. La Albolafia: Revista de Humanidades y Cultura. 1, pp. 115-136. 17/10/21. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5133942>
- [Tóvar, J. (19/07/2016) *Viñetas en liza: historia del humor gráfico en la Guerra Civil*. Canino. 17/10/21. <https://www.caninomag.es/vinetas-liza-humor-grafico-la-guerra-civil/>
- Triguero, J.M. (15/04/2018) *El cómic durante la Guerra Civil Española*. 17/10/21 de Museo del Cómic de El Provencio, Cuenca. <https://web.archive.org/web/20210227183119/http://museodelcomic.trigueroestudios.es/2018/04/el-comic-durante-la-guerra-civil-espanola/>
- [Vázquez de Parga, S. (1980). *Los comics del franquismo*. Barcelona, España: Ed. Planeta].



[Viana, I. (27/04/2019) *'Marchan a España los rojos con un poco de canguelo': así fue la Guerra Civil en las trincheras del cómic*. ABC Historia. 17/10/21: [https://www.abc.es/historia/abci-trincheras-comic-durante-guerra-civil-flecha-contra-soldado-canuto-201810050110\\_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fhistoria%2Fabci-trincheras-comic-durante-guerra-civil-flecha-contra-soldado-canuto-201810050110\\_noticia.html](https://www.abc.es/historia/abci-trincheras-comic-durante-guerra-civil-flecha-contra-soldado-canuto-201810050110_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fhistoria%2Fabci-trincheras-comic-durante-guerra-civil-flecha-contra-soldado-canuto-201810050110_noticia.html)

Para acceder a información y contenidos adicionales y a la bibliografía completa:







## La influencia árabe en las lenguas española y portuguesa

/ PREMIO UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

**AUTORA** | PAULA CUELLO TORAÑO

**COORDINADORES** | JOSÉ JAVIER REDERO MADRUGA Y RACHID EL HOUR

**CENTRO** | IES LUCÍA DE MEDRANO

**CIUDAD** | SALAMANCA

### RESUMEN |

Las civilizaciones árabes musulmanas trajeron consigo una enorme cantidad de conocimientos culturales, científicos y lingüísticos que fueron adoptados por los habitantes de la Península Ibérica durante la época de Al-Ándalus. Este proyecto pretende mostrar una visión de los innumerables avances en diversos campos como la gastronomía, la agricultura, la toponimia, la medicina y otras ciencias con un especial enfoque en los arabismos comunes que aún conservan las lenguas portuguesa y española, para lo que se analizará la etimología y el significado de estas palabras.

### ABSTRACT |

Muslim Arab civilizations brought with them an enormous amount of cultural, scientific and linguistic knowledge that was adopted by the population of the Iberian Peninsula during the time of Al-Ándalus. This project aims to show a vision of the innumerable advances in some areas such as gastronomy, agriculture, toponymy, medicine and other sciences with a special focus on the common arabisms that the Portuguese and Spanish languages still preserve. For this, the etymology and meaning of these words will be analyzed.



## INTRODUCCIÓN

Durante su paso por la península ibérica y demás territorios occidentales, las civilizaciones árabes dejaron tras de sí un enorme legado lingüístico y cultural, siendo la lengua el principal vehículo en la transmisión de todos los elementos culturales. Además, existe un vínculo entre el islam y la lengua árabe debido a la necesidad de los musulmanes conversos de adquirir conocimientos sobre este idioma para lograr comprender el Corán, libro sagrado intraducible, y para llevar a cabo los diversos ritos islámicos.

Gracias al Corán hemos conocido que Muhammad, Profeta del Islam al cual le fue revelado el libro sagrado de los musulmanes, poseía ya entonces conocimientos sobre teoremas matemáticos, fracciones egipcias, e incluso se dice que tenía conocimientos lingüísticos en materia de lengua hebrea y aramea, y de las culturas antiguas, y demás conocimientos elevados que muy poca gente adquiriría en las antiguas sociedades. Analizando la cultura árabe respecto a la cultura de la Península Ibérica en la Edad Media llegamos a ser conscientes de la superioridad de la cultura introducida por los musulmanes, que aportó una innumerable cantidad de conocimientos en todos los campos: ciencia, lengua, religión, gastronomía...

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la contextualización histórica del período andalusí, se ha buscado información sobre la diversidad social, cultural y religiosa de la Península durante la Edad Media y sobre la diferencia entre los conceptos de arabización e islamización, frecuentemente confundidos.

Para el apartado más específico que habla sobre los arabismos heredados según cada campo de conocimiento, se ha analizado la etimología de una serie de palabras provenientes de la lengua árabe que han pervivido en ambas lenguas o únicamente en una de ellas.

## RESULTADOS

### 1. SOCIEDAD ANDALUSÍ. DIFERENCIA ENTRE ARABIZACIÓN E ISLAMIZACIÓN

Lo que sabemos de fuentes árabes y no árabes que tratan el tema de la conquista es que, en el año 711, un ejército de 7000 soldados al mando de Tarik/Tāriq (a los que meses después se unieron otros 17000 hombres dirigidos por Mūsà) entra en la península por el sur y derrota a los visigodos en la Batalla de Guadalete. Los soldados musulmanes consiguieron dar muerte a don Rodrigo, líder de los visigodos, y comenzar así la conquista del territorio peninsular. Aunque no se puede afirmar con seguridad un origen claro del término Al-Ándalus, algunos historiadores comparten la idea de que podría provenir de vándalos.



La sociedad de Al-Ándalus era, variada y compleja, formada por habitantes de diferentes religiones, etnias y orígenes. Los árabes, musulmanes, no eran el grupo mayor en número, pero sí eran el grupo social que ocupaba los más altos cargos del gobierno y la magistratura. Eran, básicamente, el grupo aristócrata y dirigente de Al-Ándalus, poseedores de grandes latifundios.

Los bereberes, el grupo mayor, eran también musulmanes, procedentes del norte de África. Constituían la población guerrera.

Recibe el nombre de “muladí” la población que había adoptado la religión islámica.

Los mozárabes eran cristianos de origen hispano-visigodo que habitaban en territorio musulmán. Los cristianos y los judíos gozaban de algunos privilegios, ya que eran considerados “gentes del Libro” (en árabe, ahl al-kitāb). Este término se utiliza para denominar a aquellos creyentes de religiones monoteístas y abrahámicas, motivo por el que merecían más respeto que los ateos o idólatras.

(22:78) ¡Luchad por Allah como Él se merece! ¡Él os eligió y no os ha impuesto ninguna carga en la religión!

¡La religión de vuestro padre Abraham! Él os llamó “musulmanes” anteriormente y aquí, para que el Enviado sea testigo de vosotros y que vosotros seáis testigos de los hombres. ¡Haced la azalá y dad el azaque! ¡Y aferraos a Allah! ¡Él es vuestro Protector! ¡Es un protector excelente, un auxiliar excelente!

Es importante diferenciar el lugar de procedencia de la religión, para poder entender la diferencia entre arabización e islamización. Se llama “árabe” a la persona procedente de la Península de Arabia, al sudoeste de Asia. En cambio, reciben el nombre de “musulmanes” todas aquellas personas que siguen el Islam como religión. En el caso de los conquistadores árabes medievales, estos eran también musulmanes, lo que no quiere decir que todas las personas naturales de las zonas del sudoeste de Asia sigan el Islam. Del mismo modo, cualquier persona, independientemente de sus orígenes y procedencia, puede ser musulmana.

Por tanto, la “arabización” es el proceso por el cual una determinada población adquirió la lengua, costumbres y otras características propias de los árabes, como es el caso de los mozárabes. Sin embargo, por medio de “islamización”, algunos cristianos decidieron adoptar el Islam y practicar esta religión, es el caso de los muladíes.



## 2. HERENCIA LINGÜÍSTICA. MORFEMAS, ARTÍCULOS, PRONOMBRES, PREPOSICIONES, EXPRESIONES E INTERJECCIONES

### MORFEMAS

El español heredó únicamente un sufijo del árabe: el sufijo *-í*, como podemos ver en *jabalí* o *alhelí*. En ocasiones, este morfema derivativo aparece seguido de “a”, como es el caso de las palabras *sandía* o *Andalucía*.

Sin embargo, en la lengua portuguesa encontramos, además del sufijo *-i*, otros morfemas derivativos de origen árabe. En portugués, el sufijo *-i* aparece en su forma átona, lo que se puede ver en diversos ejemplos como *carmesi*, *muladi* o *alfaqui*. En ocasiones, puede transformarse en *-il* (*granadil*, *maravedil*) o *-im* (*jasmin*). Otros sufijos heredados son: *-afe* (*alcadafe*), *-afre* (*almocafre*), *-efe* (*arzanefe*) y *-aque* (*achaque*). El portugués hereda también el prefijo *x-*.

### EL ARTÍCULO AL-

En ocasiones, este artículo aparece unido al lexema de un antiguo sustantivo árabe (*alhelí*, *Algeciras*), pero, en otros muchos casos, se forman palabras que se componen de *al-* más una palabra latina, como es el caso de *almendra*.

El hecho de que muchas palabras de origen árabe que empiezan por *a-* se debe a que, en la mayoría de las ocasiones, es el mismo artículo árabe *al-* en forma acotada.

### PRONOMBRES INDEFINIDOS

En las lenguas peninsulares apenas encontramos restos de pronombres de origen árabe. El portugués y el español comparten únicamente un pronombre indefinido de este origen: *fulano* (del árabe *fulān*, cualquiera). El español, además, conserva otro indefinido utilizado con el mismo sentido que el anterior: *mengano* (del árabe *man kāna*, el que sea).

### PREPOSICIONES

Existe, únicamente, una preposición de origen árabe compartida por ambas lenguas. Esta preposición es *hasta* (en español) / *até* (en portugués). Deriva del andalusí *attā*, y puede utilizarse para delimitar el tiempo o el espacio.

### EXPRESIONES E INTERJECCIONES

Dentro de las interjecciones españolas encontramos tres destacadas de origen árabe: *¡hala!*, *¡guay!* y *¡ojalá!*, a las cuales podría sumarse una expresión arcaica que aparece de forma recurrente en el Poema del Mío Cid, *¡ya!*, que equivaldría a lo que hoy conocemos como la interjección *¡oh!*. Al igual que el español, el



portugués ha conservado la interjección *oxalá*, y otra serie de interjecciones como *arre*, *rua* y *olá*, variante de *olé*.

Algunas expresiones del ámbito religioso tienen su origen también en el árabe, ya que, aunque gramaticalmente no cuentan con influencia árabe, eran utilizadas por los musulmanes en época de Al-Ándalus (los andalusíes), y su sentido se ha conservado hasta nuestros días. Estas expresiones son, entre otras, *Gracias a Dios* (en árabe *Al- amdu Lillāh*) o *Si Dios quiere* (en árabe *in šā'a Allāh*).

## 3. LOS ARABISMOS

Un arabismo es una palabra proveniente del árabe que ha sido incorporada a otro idioma. Se sabe que en la lengua española existen aproximadamente 4000 arabismos, pero los estudiosos no logran ponerse de acuerdo sobre el número de arabismos en el portugués. Podemos distinguir tres tipos de arabismos:

- **Directos:** son aquellos que han sido incorporados a una lengua debido a la emigración de mozárabes a territorios cristianos o al contacto con mudéjares y moriscos.
- **Indirectos:** han sido transmitidos por razones comerciales, guerras o viajes, que introducían en su lengua términos árabes relacionados con sus experiencias durante el viaje u oficios. Este tipo de arabismos son también los que surgieron al traducir textos del árabe, ya que algunas palabras no tenían equivalencia en el español y el portugués.
- **Modernos,** que han sido introducidos por poetas contemporáneos o por la prensa.

Para hacer más fácil el análisis de los arabismos en ambas lenguas, aparecen divididos según los distintos campos de influencia: las ciencias, la gastronomía, los topónimos, la agricultura y la ganadería, el urbanismo y el comercio y la vida doméstica, vestimenta y ocio.

### ARABISMOS EN LA CIENCIA

| ARABISMO          | ETIMOLOGÍA                      | PALABRA ÁRABE | SIGNIFICADO EN ESPAÑOL/PORTUGUÉS                                    |
|-------------------|---------------------------------|---------------|---|
| Álcali / Alcalino | Del árabe <i>al-qālī</i> "Sosa" | يلاقلا        | Compuesto que en disolución acuosa se comporta como una base fuerte |
| Alcohol / Álcool  | Del árabe <i>al-kuḥūl</i>       | لوحكلا        | Líquido destilado, incoloro e inflamable                            |
| Alcrebite         | Del árabe <i>al-kibrīt</i>      | تيربفلا       | Azufre  |



## ARABISMOS EN LA GASTRONOMÍA

| ARABISMO              | ETIMOLOGÍA         | PALABRA ÁRABE | SIGNIFICADO EN ESPAÑOL/PORTUGUÉS                    |
|-----------------------|--------------------|---------------|---|
| Berenjena / Berinjela | Del árabe bādīnġān | بادينجان      | Fruto de la berenjena                               |
| Espinaca / Espinagre  | Del árabe sabānij  | سبانخ         | Hortaliza   |
| Limón / Limão         | Del árabe laymūn   | ليمون         | Fruto del limonero, de color amarillo y sabor ácido |

## ARABISMOS EN LOS TOPÓNIMOS

| ARABISMO | ETIMOLOGÍA          | PALABRA ÁRABE | SIGNIFICADO EN ESPAÑOL/PORTUGUÉS |
|----------|---------------------|---------------|----------------------------------|
| Lisboa   | Del árabe Lašbūna   | الشبونة       | Corrupción del latín             |
| Madrid   | Del árabe Maġrīt    | مجریط         | "Fuente"                         |
| Medina   | Del árabe al-madīna | المدينة       | "Ciudad"                         |

## ARABISMOS EN LA AGRICULTURA Y EN LA GANADERÍA

| ARABISMO          | ETIMOLOGÍA          | PALABRA ÁRABE | SIGNIFICADO EN ESPAÑOL/PORTUGUÉS  |
|-------------------|---------------------|---------------|---|
| Alfalfa / Alfafa  | Del árabe al-ḡaṣḡa  | تصرفصفا       | Hierba común que se utiliza para el forraje   |
| Algodón / Algodão | Del árabe al-qūṭn   | نطوقا         | Producto obtenido de la algodonera que se utiliza para la elaboración de tejidos o cosméticos         |
| Alheña / Henna    | Del árabe al-hinnā' | ءانحلا        | Arbusto cuyas hojas secas se hacen polvo utilizado como tinte para el pelo o para tatuajes temporales |



## ARABISMOS EN EL URBANISMO Y EL COMERCIO

| ARABISMO            | ETIMOLOGÍA        | PALABRA ÁRABE | SIGNIFICADO EN ESPAÑOL/PORTUGUÉS                          |
|---------------------|-------------------|---------------|---|
| Barrio / Bairro     | Del árabe barrī   | بري           | Cada una de las partes entre las que se divide una ciudad |
| Mazmorra / Masmorra | Del árabe maṡmūra | مطمورة        | Prisión subterránea                                       |
| Mezquita / Mesquita | Del árabe maṡġid  | مسجد          | Edificio para el culto musulmán                           |

## ARABISMOS EN LA VIDA DOMÉSTICA, VESTIMENTA Y OCIO

| ARABISMO         | ETIMOLOGÍA           | PALABRA ÁRABE | SIGNIFICADO EN ESPAÑOL/PORTUGUÉS  |
|------------------|----------------------|---------------|---|
| Ajedrez / Xadrez | Del árabe al-ṡaṡranġ | الشطرنج       | Juego de mesa que se practica sobre un damero en el que se disponen las 16 piezas de cada jugador. Desiguales en importancia y valor, que se desplazan y comen las del contrario según ciertas reglas |
| Jarra / Jarro    | Del árabe ġarra      | جرة           | Vasija de barro, loza, porcelana, cristal, etc., con cuello y boca anchos y una o dos asas  |

## CONCLUSIONES

Durante los ocho siglos (711-1492) del gobierno musulmán en al-Ándalus, aunque cada vez estaba debilitado y con un dominio cada vez más reducido, los musulmanes aportaron innumerables conocimientos que han permanecido entre nosotros hasta la actualidad.

Es importante destacar que el Corán recogía, a pesar de su antigüedad, importantes datos que no fueron descubiertos hasta siglos más tarde, como las propiedades curativas de la miel, o las propias etapas por las que pasa la formación del feto en el vientre de la madre. Encontramos también influencia árabe en la gastronomía, ya que muchos de los platos a los que estamos acostumbrados (como las albóndigas o el escabeche) e incluso el orden de las comidas llegaron a la Península durante el periodo andalusí.

Tal como se ha podido observar, el proyecto de investigación se ha centrado en analizar la influencia lingüística del árabe en el español y el portugués, mos-



trando los puntos en común y las diferencias entre los arabismos y otras influencias en la gramática de ambas lenguas.

Centrándonos específicamente en los arabismos, es decir, palabras provenientes u originarias del árabe, es aún más grande la influencia, ya que en el español podemos encontrar unos 4000 arabismos y en portugués, aunque el número es menos, también es enorme la influencia. Como consecuencia de que existen más arabismos dentro del español, encontramos algunas palabras de origen árabe muy comunes en español que, sin embargo, en el portugués han evolucionado desde su raíz latina: aceite (en portugués, *óleo*), alcalde (en portugués, *prefeito*), alubia (en portugués, *feijão*) ...

Esta gran influencia árabe que tantos avances y saberes nos ha proporcionado no está bien valorada en la sociedad actual. Creo que el mundo académico puede contribuir a que se conozca más sobre la realidad histórica del hecho árabe-islámico, y sensibilizar la sociedad sobre ello, pero también puede consolidar esta imagen tan negativa que se conserva sobre el Islam. Al-Ándalus, como matrimonio histórico nacional, sigue siendo un tema rechazado por una buena de los medievalistas de nuestro país. Siguen considerándolo algo ajeno a España y a su historia natural. Debido a ello, he querido dejar constancia de una parte mínima de las huellas arabo-islámicas en diversos aspectos de nuestro país y de su cultura.

### BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Almanza, Manuel, Eduardo Manzano, "Organización social y administración política en Al-Ándalus bajo el emirato",
- Cano Aguilar, R., *El español a través de los tiempos*. Madrid: Arco Libros, 1988.
- Corriente, Federico, *Los arabismos y otras voces medio-orientales del Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Universidad de Zaragoza, 2013.
- El Hour, Rachid, *La organización judicial almorávide en al-Ándalus. Élités, negociaciones y enfrentamientos*, Helsinki: Humaniora, 2006.
- García, M. Isa. Traducción comentada: *El Corán*. Reformers Moslehoon. Bogotá, 2013.
- Hamerská, J., *Comparación de los arabismos en español y en portugués*. Masarykova univerzita, 2009.
- Marín, Manuela, *Individuo y sociedad en al-Andalus*, Madrid: Mapfre, 1992.
- Revista Dossier. Religión del Islam, *Los musulmanes y sus contribuciones a la ciencia*.



Tuñón de Lara, M. Arié, R., *Historia de España. Tomo III: España musulmana*. Barcelona: Editorial Labor, S. A., 1989.

Vernet, J. (1999). *Lo que Europa le debe al islam de España*. Madrid: El Acantilado, 2019.

### DICCIONARIOS (ONLINE)

Diccionario de la Real Academia Española. [dle.rae.es/diccionario](http://dle.rae.es/diccionario)

Diccionario etimológico. [etimologias.dechile.net/](http://etimologias.dechile.net/)

Diccionario Priberam. [dicionario.priberam.org/](http://dicionario.priberam.org/)



## CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA VIDA

---

### PRIMER PREMIO |

- 204 - **Diagnóstico de malaria mediante el uso de redes neuronales convolucionales**  
PILAR SIERRA SEGOVIA
- 216 - **Líquenes: bioindicadores de la contaminación atmosférica en la comarca de Benavente y los Valles**  
EVA GONZÁLEZ TESÓN, MARTA RODRÍGUEZ VEGA Y ESTEFANÍA CONDE TORANZO

### SEGUNDO PREMIO |

- 225 - **Parásitos ocultos. Detección de *Cryptosporidium* y *Giardia* en mejillones comerciales**  
LUCÍA ZAMACONA GÓMEZ
- 236 - **Aguas contaminadas: peces de plástico**  
MARTA GARCÍA PINTADO
- 248 - **Descubriendo nuevos antibióticos con el ordenador: canales transmembrana formados por ciclopéptidos**  
SARA BARONA REGUEIRO

### TERCER PREMIO |

- 260 - **Células de electrólisis microbiana y su potencial uso en la generación de hidrógeno**  
JUAN DE MARCO GIMÉNEZ AYUSTE



## CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA VIDA

---

### ACCESIT |

- 272 - **Presencia de bacterias en zonas inertes del IES Fidiana**  
ANTONIETA VICTORIA RODRÍGUEZ RÍOS
- 284 - **Las nanopartículas de óxido de cerio: ¿las herramientas biomédicas del futuro?**  
DANIELA NEIRA PRADA Y ALBA CODESAL GARCÍA
- 297 - **Búsqueda de una correlación entre contaminantes atmosféricos y enfermedad cardiovascular en países europeos en vías de desarrollo y desarrollados**  
MARTA GARRIDO MARTOS
- 308 - **Dentro de los pelos de Xebo: la conducta de un gorila dominante en captividad**  
PAU BARDI PUIGDEFÀBREGAS

### PREMIO FUNDACIÓN VENCER EL CÁNCER |

- 320 - **Inteligencia artificial aplicada al diagnóstico precoz del melanoma**  
NURIA GONZÁLEZ CUESTA



## Diagnóstico de malaria mediante el uso de Redes Neuronales Convolucionales

/ PRIMER PREMIO

**AUTORA** | PILAR SIERRA SEGOVIA

**COORDINADOR** | JORGE RASTROLLO ROMERO

**CENTRO** | IES MARGARITA SALAS

**CIUDAD** | MAJADAHONDA-MADRID

### RESUMEN |

La malaria es una de las enfermedades parasitarias que más impacto tiene en nuestro mundo, destacando áreas en vías de desarrollo como lo son Asia, América Latina o África; dentro de estas poblaciones las mujeres embarazadas junto con los niños son los grandes afectados.

Es transmitida por la picadura de un mosquito hembra del género *Anopheles*, el cual ha sido anteriormente infectado por el parásito transmisor de la malaria, el *Plasmodium*. Por otro lado, también es posible el contagio por transfusiones sanguíneas y de la madre al feto.

Algunos de los factores de riesgo determinantes para la aparición de la enfermedad son, en cuanto a las características ambientales de la zona, la temperatura, la humedad, las precipitaciones y el agua estancada; resultando más perjudicados los países de zonas tropicales y subtropicales, entre otras razones porque el frío acaba con el parásito. Otros factores que hay que tener en cuenta son la condición de vida, viviendas de la población y la construcción y calidad de la misma [1].

Esta enfermedad puede ser combatida de diversos modos, como la utilización de mosquiteras, insecticidas o antibióticos para paliar los síntomas. En muchas zonas el parásito (*Plasmodium falciparum*) se ha hecho inmune a estos insecticidas y antibióticos, dando lugar a la necesidad de la búsqueda de medidas alternativas para acabar con el mismo.

Este proyecto apuesta por soluciones basadas en la detección automática de estos parásitos en muestras de sangre que, a la larga, resultará el medio más eficiente en tiempo y capital.



### ABSTRACT |

Malaria is one of the parasitic diseases that has the greatest impact on our world, highlighting developing areas such as regions in Asia, Latin America or Africa. Within these populations, pregnant women along with children are the most adversely affected ones.

This illness is transmitted by the bite of the female mosquito *Anopheles*, which had been previously infected by the malaria-transmitting parasite (*Plasmodium*). However, transmission by blood transfusions and from the mother to the fetus are also possible.

Some of the risk factors for the appearance of the disease are the following. Firstly, as regards the areas' environmental conditions, temperature, humidity, rainfall and stagnant water must be taken into account. For instance, cold kills the parasite, and consequently, tropical and subtropical countries are more exposed to it. Secondly, living conditions, housing of the population and its construction and quality should not be overlooked [1].

This disease can be confronted in various ways such as using mosquito nets, insecticides or antibiotics to reduce the symptoms. Nevertheless, the parasite (*Plasmodium falciparum*) has become immune to these insecticides and antibiotics in many risk regions, giving rise to the need of looking for alternative measures in order to end with it.

This project is committed to find solutions based on the malaria automatic detection in blood samples that, in the long-term, will be the most efficient means regarding time and capital.



## OBJETIVOS

Este proyecto tiene como objetivo el análisis de la malaria y las distintas técnicas de detección automática. Se realizará una prueba de técnica de detección por análisis de imágenes de muestras de sangre de células infectadas y no infectadas.

El objetivo general del presente proyecto es:

- Contribuir a la mejora de los sistemas de reducción de enfermedades parasitaria como la malaria, asociado al objetivo de desarrollo sostenible número III.
- Por otro lado, los objetivos específicos son:
  - Estudio de la enfermedad y factores involucrados.
  - Estudio de técnicas de detección automática de malaria.
  - Prueba de técnicas de detección automática.
- A partir de una CNN (red neural convolucional), alcanzar unos valores suficientemente fiables para una posible aplicación con fines de diagnóstico médico.
- Búsqueda de aplicaciones de la CNN en otras patologías, como puede ser la del COVID-19.

## 1. METODOLOGÍA

### 1.1 INSTALACIÓN DE LOS ENTORNOS DE PROGRAMACIÓN EN EL PC

Fue necesaria la instalación de diferentes plataformas que posibilitasen la lectura y ejecución del código (con lenguaje interpretado Python), su posterior modificación y adaptación. Estos fueron, ya mencionados anteriormente, la Suite Anaconda 3 y el entorno Spyder.

### 1.2 ANÁLISIS DEL SOFTWARE Y ADAPTACIÓN DEL CÓDIGO SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS DEL ESTUDIO



### I. IMPORTAR LIBRERÍAS

Las librerías o bibliotecas son archivos de código de a disposición del desarrollador de software que facilitan el desarrollo de diversas funciones y solucionan problemas concretos de la app. Estas se obtuvieron desde el entorno Anaconda 3 y se trata de librerías Keras (biblioteca de Redes Neuronales de Código Abier-

Figura 01.

Análisis y adaptación del software. Pasos.  
Fuente: Elaboración propia.



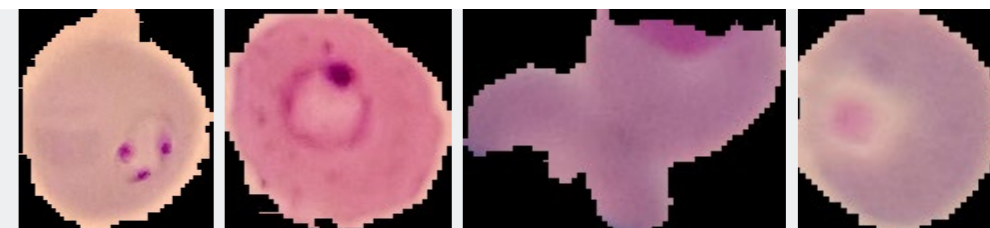
to escrita en Python), específica para experimentos en redes neuronales. Algunas de las más importantes son *Numpy*, *Matplotlib*, *pyplot*, *Pandas* o *Shutil*.

## II. BÚSQUEDA, OBTENCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES

Las imágenes empleadas se descargaron de la base de datos kaggle, que contenía un total de 27,558 imágenes divididas en dos directorios: *parasitized* y *uninfected*.

Figura 02.

Imágenes de malaria parasitadas y no infectadas.  
Fuente: <https://n9.cl/sng1>



El propio código, gracias a la librería *Shutil*, define las rutas de imagen en sets de entrenamiento (3000), validación (1000) y test (9) para las imágenes parasitadas y el mismo número para las no infectadas.

Figura 03.

Librerías *ImageDataGenerator* (funciones).  
Fuente: Elaboración propia.

```

from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
train_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
test_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
train_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    train_dir,
    target_size=(150, 150),
    batch_size=20,
    class_mode='binary')
validation_generator = test_datagen.flow_from_directory(
    validation_dir, target_size=(150, 150),
    batch_size=20,
    class_mode='binary')

print("Image preprocessing complete")
  
```

## III. ARQUITECTURA DE LA RED

Las funciones de activación son las encargadas de devolver una salida partiendo de unos valores de entrada. Las funciones de activación empleadas fueron:

- Sigmoid: acota los valores de entrada en un rango de (0,1), para la obtención de un valor de salida binario. Se representa como:  $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$
- ReLU: esta función de activación no continua se encarga de que la capa de convolución identifique un patrón en la imagen y transferirlo a la siguiente capa de convolución. Solo pasan a la -capa contigua los valores positivos. Se representa como:  $f(x) = \max(0, x)$



Figura 04.

Gráfica de la función Sigmoid.  
Fuente: Elaboración propia.

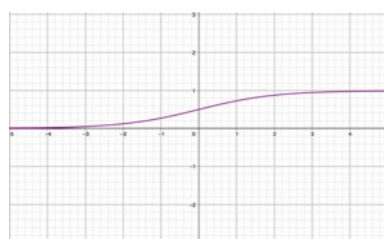
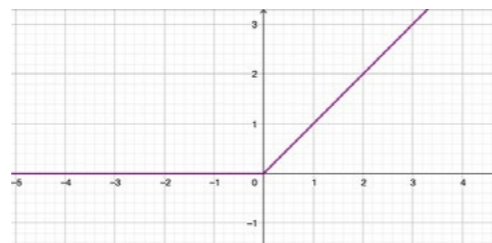


Figura 05.

Gráfica de la función ReLU.  
Fuente: Elaboración propia.



#### IV. COMPILACIÓN

Optimizador. El optimizador en las redes neuronales se encarga de reducir lo máximo posible el error de la CNN, esto se realiza mediante un proceso conocido como “backpropagation”. En esta red se utilizó el optimizador RMSprop (optimizer=optimizers.RMSprop (lr=10-x)), descargado desde Keras, mantiene un promedio móvil del cuadrado de los gradientes de manera que evita la acumulación de errores y disminuye la posibilidad de fallo.

- Loss y accuracy. Loss es la suma de los errores cometidos en cada conjunto de entrenamiento o validación. La función de pérdida muestra el desfase que existe entre la respuesta proporcionada por la red y los valores reales. Se busca minimizar esta función, para que los resultados sean fiables. Accuracy es el porcentaje de precisión de los valores de salida de la red, comparándolos con los valores reales.

Se calcula como:  $AC = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN}$

#### V. ENTRENAMIENTO

Una vez la red está construida se procede al entrenamiento de los conjuntos de datos. Esto se hace con la función fit que toma matrices numpy y se encarga del entrenamiento en épocas con previa separación en lotes [32].

Los “steps per epoch” determinan el número de lotes (batches) que se seleccionan para una época de entrenamiento. En este experimento se han seleccionado 20 pasos por época, lo que quiere decir que la red se entrenará durante 20 lotes para completar una época.

Los “validation steps” se refieren a lo mismo que “steps per epoch” pero en lugar de para épocas de entrenamiento, para épocas con el conjunto de datos de validación.

### 2. RESULTADOS

Una vez se han ajustado los datos se ejecuta la CNN. Tras la variación de parámetros y varias ejecuciones, se logró aumentar los niveles de precisión (accuracy) y estabilizar las pérdidas (loss).

Algunos de los parámetros clave con los que se trabajó son el valor de la x del optimizador [(optimizer=optimizers.RMSprop (lr=10-x)], las épocas (epochs), los pasos por época (steps per epochs), y los pasos por validación (validation steps).

Se han realizado varios experimentos manipulando los parámetros mostrados en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6. Con los valores de salida proporcionados por la red, se construyeron gráficas de resultados (Figuras 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26).

**Datos por defecto del software:** se ejecutó el código con los parámetros que venían integrados en el código descargado y se observó que los valores de pérdidas (en especial los de validación) no conseguían alcanzar niveles suficientemente bajos. Además, se observa en la figura 13 como las pérdidas de validación experimentan un crecimiento enorme en las últimas épocas, desestabilizando por completo los resultados. La precisión, aunque alcanzaba valores altos no se estabilizaba y existe una diferencia considerable entre los valores de precisión de entrenamiento y de validación. La respuesta de esta red no se podría emplear con fines médicos debido al alto nivel de errores que presenta.

Tabla 01.

Variables por defecto del software.

| X | EPOCHS | STEPS PER EPOCHS | VALIDATION STEPS |
|---|--------|------------------|------------------|
| 5 | 30     | 100              | 200              |

Figura 06.

Gráfica resultados de pérdidas (Por defecto del software).  
Fuente: Elaboración propia.

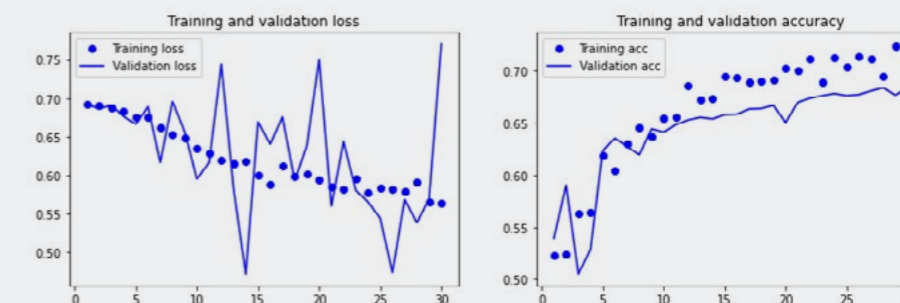


Figura 07.

Gráfica resultados de precisión (Por defecto del software).  
Fuente: Elaboración propia.

**Experimento 1:** se ejecutó el código con los parámetros de la Tabla 3 y se observó que tanto los valores de pérdidas como los de validación habían mejorado notablemente con respecto al código por defecto del software. Sin embargo, los valores de pérdidas de validación seguían sin estabilizarse y los valores de las pérdidas de entrenamiento y validación eran muy dispares. La precisión alcanzaba valores óptimos, superior al 90 %, aparentemente estables y sin grandes variaciones entre los sets de entrenamiento y validación.



**Experimento 2:** se ejecutó el código aumentando el número de épocas y pasos de

| X | EPOCHS | STEPS PER EPOCHS | VALIDATION STEPS |
|---|--------|------------------|------------------|
| 3 | 20     | 50               | 70               |

Tabla 02.

Variables Experimento 1.

Figura 08.

Gráfica resultados de pérdidas. Experimento 1  
Fuente: Elaboración propia.

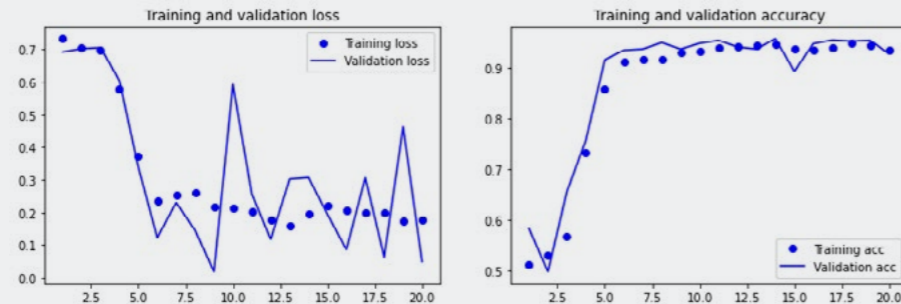


Figura 09.

Gráfica resultados de precisión. Experimento 1.  
Fuente: Elaboración propia.

entrenamiento y de validación (Tabla 4) y se observó como los valores de pérdidas, aunque se estabilizasen y no hubiese demasiado desfase entre los valores de entrenamiento (0,5855) y validación (0,5692), habían aumentado con respecto al Experimento 1. Al mismo tiempo, los valores de precisión de entrenamiento (70,75 %) y de validación (67,4 %) presentaban un serio decrecimiento y no alcanzaban niveles tan fiables como el previo experimento.

| X | EPOCHS | STEPS PER EPOCHS | VALIDATION STEPS |
|---|--------|------------------|------------------|
| 5 | 30     | 100              | 200              |

Tabla 03.

Variables Experimento 2.

Figura 10.

Gráfica resultados de pérdidas. Experimento 2.  
Fuente: Elaboración propia.

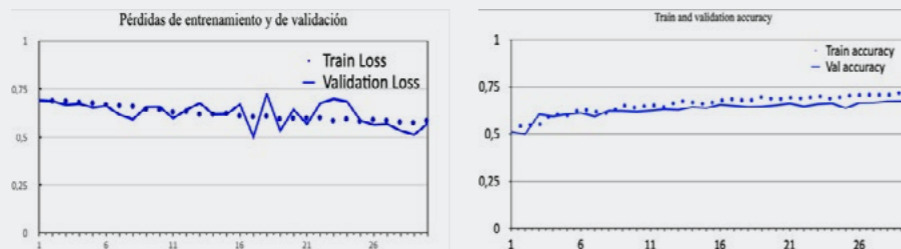


Figura 11.

Gráfica resultados de precisión. Experimento 2.  
Fuente: Elaboración propia.

**Experimento 3:** tras una tercera modificación de los parámetros y un nuevo proceso de entrenamiento, se recogieron los resultados. Estos muestran como las pérdidas de entrenamiento y validación siguen sin estabilizarse, pero sufren una notable mejora con respecto a los anteriores experimentos, obteniendo unos niveles de pérdidas de entrenamiento (0,1574) y de validación (0,2012) relativamente bajos. En lo referido a la precisión, en este cuarto código se han alcanzado valores óptimos: estabilidad, mínimo desfase entre precisión de entrenamiento y de validación. En la última etapa, se alcanzan valores de entrenamiento (95,3 %) y validación (95,65 %) elevados y, en consecuencia, adecuados para la posible aplicación de diagnóstico médico.

**Experimento 4:** al observar los óptimos resultados de precisión del experimento 3, se mantuvo la x del optimizador y se cambiaron el número de pasos, aumentando los pasos por época y disminuyendo los de validación. Tras correr el

Tabla 04.

Variables Experimento 3.

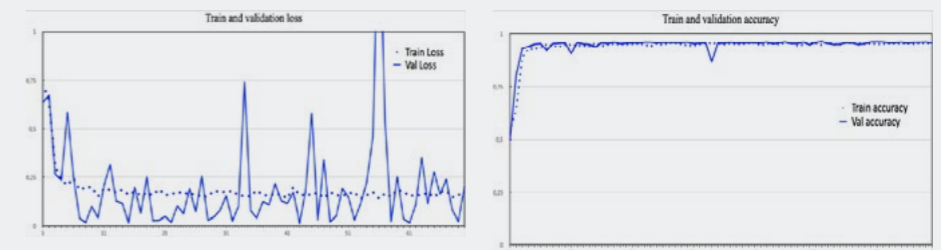
| X | EPOCHS | STEPS PER EPOCHS | VALIDATION STEPS |
|---|--------|------------------|------------------|
| 3 | 70     | 100              | 200              |

Figura 12.

Gráfica resultados de pérdidas. Experimento 3.  
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13.

Gráfica resultados de precisión. Experimento 3.  
Fuente: Elaboración propia.



código y recoger los resultados, se aprecia la precisión ha aumentado incluso más con respecto a previos experimentos. Las pérdidas experimentan una ligera disminución, y se presentan más estables que cualquiera de los experimentos anteriores.

### 3. CONCLUSIONES

- Tras varias ejecuciones del código, se consiguió alcanzar unos resultados con



Tabla 05.

Variables Experimento 4.

| X | EPOCHS | STEPS PER EPOCHS | VALIDATION STEPS |
|---|--------|------------------|------------------|
| 3 | 50     | 200              | 100              |

Figura 14.

Gráfica resultados de pérdidas. Experimento 4.  
Fuente: Elaboración propia.

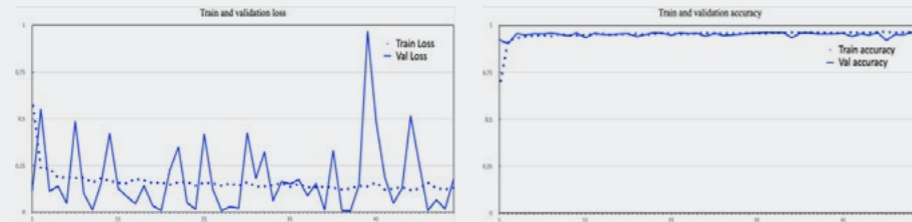
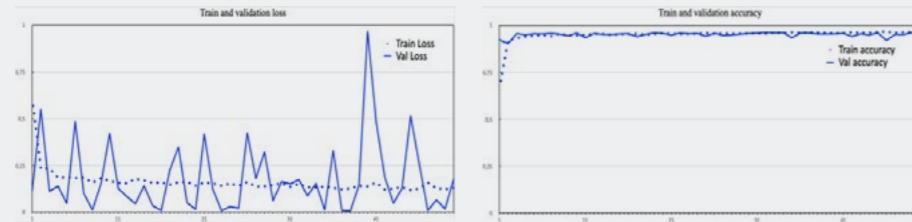


Figura 15.

Gráfica resultados de precisión. Experimento 4.  
Fuente: Elaboración propia.



unos valores de precisión de entrenamiento (95,97 %) y de validación (95,8 %) muy elevados y certeros. Además de unas pérdidas de entrenamiento (0,1292) y de validación (0,1770) mínimas.

- Si la  $x$  es muy pequeña, permite un margen de error muy grande en el algoritmo y los resultados no pueden alcanzar una precisión muy alta. Si el margen de error es muy pequeño, valores altos de  $x$ , el algoritmo no converge. Por ello, hay que elegir un valor intermedio, el mejor que se ha encontrado es  $x=3$ .
- El aumento de las épocas supone un aumento de la precisión. Cuanto más se entrena a la red, mejor es su respuesta.
- Los resultados mejoran notablemente si el número de pasos por épocas se incrementa con respecto al número de los pasos de validación. En los resultados de salida la importancia del entrenamiento tiene más peso que la de validación.
- Como se ha detallado anteriormente, con el experimento 4 se han alcanzado los objetivos perseguidos, obteniéndose los mejores resultados de precisión y con pérdidas mínimas.
- Podría considerarse su aplicación en el diagnóstico de malaria con fines médicos en aquellos países donde la escasez de medios imposibilita la detección de la enfermedad y causa grandes estragos en sus poblaciones. Este método mejorado supondría una mayor eficacia de diagnóstico, ligado a una reducción de la tasa de mortalidad por dicho padecimiento.
- Como una posible mejora, cabría mencionar la posibilidad del aumento de las imágenes y su calidad; y, un estudio más profundo de la red y sus parámetros.
- Una futura línea de investigación sería la detección automática mediante CNN de otras enfermedades, como puede ser la del COVID-19.

### 3.1. FUTURA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Para comprobar que el mismo código empleado para el diagnóstico de la enfermedad palúdica era funcional en otras patologías se llevó a cabo una búsqueda de bases de datos de imágenes de sangre pertenecientes a pacientes infectados con COVID-19. No se encontraron muestras de sangre, pero sí imágenes de radiografías de pulmones. Estos directorios se bajaron desde la misma plataforma de la que se obtuvieron las imágenes de malaria ([Kaggle.com](https://www.kaggle.com)).

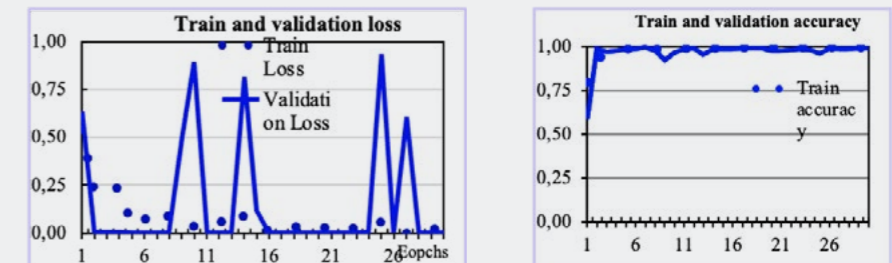
Sin variar los parámetros con los que se consiguieron los mejores resultados del presente proyecto (Experimento 4), se introdujeron las imágenes encontradas y se adaptó el código para que encajase con las imágenes de COVID-19: nombre,

Figura 16.

Gráfica resultados de pérdidas. Experimento COVID-19.

Figura 16t.

Gráfica resultados de precisión. Experimento COVID-19.



directorios en los que se encontraban y número.

Se ejecutó el código y se obtuvieron los resultados mostrados en las figuras 23 y 24.

Los resultados extraídos de este último experimento mostraron en su última época, unos elevados y óptimos valores de precisión de entrenamiento (100 %) y de validación (99,33 %). Asimismo, apenas se aprecia diferencias significativas entre los valores de entrenamiento y validación, la precisión ha logrado estabilizarse.

A pesar de que en la gran mayoría de las épocas presentan unos valores de error mínimos, en otras las pérdidas de entrenamiento crecen repentinamente, imposibilitando la estabilidad de estas. Por otro lado, las pérdidas de validación sí han alcanzado estabilidad.

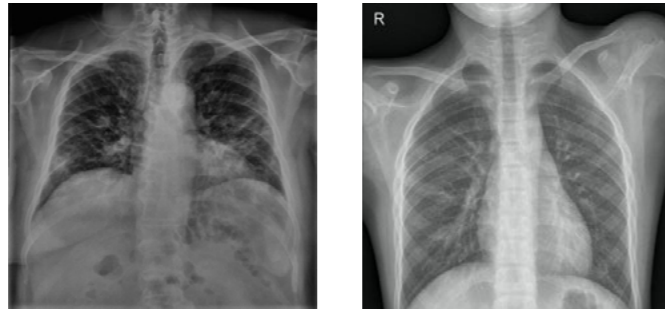
No obstante, las limitaciones se encuentran en la dificultad que existe en la obtención y elaboración de las imágenes de radiografías. Para que esta línea de investigación pueda tener utilidad práctica habría que emplear muestras más accesibles como puede ser imágenes de muestras de sangre o de saliva, cuya disponibilidad no se encuentra actualmente disponible en bases de datos públicas.



## BIBLIOGRAFÍA

Figura 16.

Radiografía de paciente con COVID-19 (izquierda) y sano (derecha). Experimento COVID-19.  
Fuente: elaboración propia.



- Barrada, Y., Castillo, P., Orozco, M. M., Rojas, G., Mejía, R., Ybarra, L. P., & Rondón, R. O. (2019). *Artículo Original*. 7(1), 17–25.  
[https://www.scipedia.com/public/Barrada\\_et\\_al\\_2019](https://www.scipedia.com/public/Barrada_et_al_2019)
- Marí, R. B., & Peydró, R. J. (2008). Malaria en España: Aspectos entomológicos y perspectivas de futuro. *Revista Espanola de Salud Publica*, 82(5), 467–479. <https://doi.org/10.1590/s1135-57272008000500003>
- Global Malaria Programme: WHO Global. (2019). World malaria report 2019. In *WHO Regional Office for Africa*.  
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
- Cox FE (2010). Historia del descubrimiento de los parásitos de la malaria y sus vectores. *Parásitos y vectores*, 3 (1), 5. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-3-5>
- WHO. (2018). WHO | The World malaria report 2018. In *Who*. [www.who.int/malaria%0Ahttps://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275867/9789241565653-eng.pdf?ua=1%0Ahttps://www.who.int/malaria/publications/world-malaria-report-2018/en/](http://www.who.int/malaria%0Ahttps://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275867/9789241565653-eng.pdf?ua=1%0Ahttps://www.who.int/malaria/publications/world-malaria-report-2018/en/); consulté le 22/03/2019%0Ahttps://www.who.int/malaria/media/world-malaria-rep.
- Global Malaria Programme: WHO Global. (2019). World malaria report 2019. In *WHO Regional Office for Africa*.  
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
- García, A. (2012). INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Fundamentos, práctica y aplicaciones. RC Libros, 285.
- Raúl Benítez, Gerard Escudero, Samir Kanaan, D. M. R. (n.d.). Inteligencia artificial avanzada. Editorial UOC, 298 páginas.
- Castillo, E., & Hadi, A. S. (1997). *Sistemas Expertos y Modelos de Redes*



*Probabilísticas*.639.

Delrieux, C. (2018). *DETECCIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL*. 5–7.

Nuñez, F. J. (2016). Diseño de un sistema de reconocimiento automático de matrículas de vehículos mediante una red neuronal convolucional. *Universitat Oberta de Catalunya*, 53.



## Líquenes: bioindicadores de la contaminación atmosférica en la comarca de Benavente y los Valles

/ PRIMER PREMIO

**AUTORAS** | EVA GONZÁLEZ TESÓN, MARTA RODRÍGUEZ VEGA  
Y ESTEFANÍA CONDE TORANZO

**COLABORADORES** | SARA HERNÁNDEZ DELGADO Y JORGE GONZÁLEZ MATEOS

**COORDINADOR** | RAFAEL PÉREZ ROMERO

**CENTRO** | IES LOS SAUCES

**CIUDAD** | BENAVENTE-ZAMORA

### RESUMEN |

En este proyecto se plantea un estudio de la diversidad y distribución de los líquenes en la comarca de Benavente y los Valles, indicando la correlación de los líquenes y la calidad de aire en las distintas zonas.

Los indicadores biológicos de contaminación o bioindicadores se basan en el análisis de la sensibilidad que presentan algunas especies de seres vivos a ciertos contaminantes gaseosos atmosféricos, cuyos efectos permiten identificar su presencia y vigilar la evolución de la contaminación atmosférica.

Los líquenes son asociaciones simbióticas entre un alga (fotobionte), una levadura y un hongo (micobionte) de cuya interacción se origina un talo estable, con estructura y fisiología específicas. Muchas características, como su longevidad y su alta sensibilidad a los contaminantes atmosféricos, hacen de estos seres excelentes bioindicadores (los mejores en cuanto a la calidad del aire). Para ello hemos realizado las siguientes actividades: muestreo de líquenes, reconocimiento y determinación de la biodiversidad liquénica y análisis de datos.

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron la identificación de abundantes ejemplares de distintas especies de líquenes en las zonas de muestreo, siendo predominantes los líquenes fruticulosos y foliáceos. Debido a lo anteriormente expuesto, la comarca de Benavente y los Valles presenta un escaso o nulo grado de contaminación atmosférica.

**Palabras clave:** Líquenes, contaminación, Benavente y alrededores, Zamora, Valladolid, talos, microscopio. .



### ABSTRACT |

This project is based on the study of lichen in the region of Benavente y los Valles, pointing out the correlation between lichen and the quality of the air in different regions.

The biological indicators of pollution or bio-indicators are based on the analysis of the sensitivity presented by some species of living beings to determine atmospheric gaseous pollutants, whose effects allow us to identify the presence and look out the evolution of the atmospheric pollution.

The lichens are symbiotic associations between an algae, a yeast and a fungus. These interactions originate a stable thallus with a specific structure and physiology. Many features, such as its longevity and its high sensitivity to the atmospheric pollutants, makes these living beings excellent bio-indicators (the best ones regarding the quality of the air). For that we had to carry out the sampling, the recognising and the determination of the samples and the analysis of the results.

The results obtained in this investigation were the identification of a huge variety of different lichenic specimens in the sampling areas selected. The species which are predominant in these areas are fruitful and foliaceous lichens. Due to the data previously quoted, the region of Benavente y los Valles presents low or non-existent percentage of atmospheric pollution.

**Keywords:** Lichens, pollution, Benavente and the surroundings, Zamora, Valladolid, stalk, microscope.



## INTRODUCCIÓN

Un organismo se considera bioindicador cuando presenta alguna reacción que puede ser identificada frente a diferentes grados de alteración del medio, por ejemplo, frente a la contaminación del aire. Muchas especies son incapaces de adaptarse ecológica o genéticamente a la condición ambiental alterada, de modo que su ausencia es, de hecho, un indicio del problema. Su comportamiento ante dichas condiciones difiere del natural en aspectos tales como hábito, fisiología, demografía y relaciones con otros organismos.

Se conocen numerosos organismos que pueden ser utilizados como bioindicadores; se incluyen especies de plantas vasculares, briófitas, algas, líquenes, hongos, animales invertebrados y animales vertebrados. En el caso de la contaminación atmosférica, se consideran buenos bioindicadores aquellos organismos que presentan sensibilidad a los contaminantes aéreos, una amplia distribución en el territorio en estudio y una gran longevidad.

Los **líquenes** son asociaciones simbióticas entre un alga (fotobionte), un hongo (micobionte) y una levadura, cuya interacción se origina un talo estable, con estructura y fisiología específicas (Spribille *et al.*, 2016). Las algas encontradas pueden ser clorófitas o cianófitas y los hongos que intervienen en la asociación son Ascomycetes, Basidiomycetes (Wirth *et al.*, 2004). Poseen características particulares como carecer de raíz y de sistemas de conducción, no poseer estructuras selectivas o protectoras del medio externo como cutículas o epidermis, por lo que se vuelven vulnerables a variaciones ambientales. Son organismos autótrofos, su crecimiento es muy lento, poseen una amplia distribución desde los polos al ecuador, y crecen en las superficies de los más diversos sustratos inertes u orgánicos. Los líquenes poseen órganos apendiculares cuyas formaciones son producidas por el hongo; al proyectarse desde la cara inferior, sirven para sujetar el talo al sustrato y pueden actuar reteniendo agua (Izco *et al.*, 2000).

En este proyecto se plantea un estudio de la diversidad y distribución de los líquenes en la comarca de Benavente y los Valles, indicando la correlación de los líquenes y la calidad de aire en las distintas zonas (Fig. 1A).

Figura 1.

A: Grupo de Investigadores del IES Los Sauces.  
B: Recogiendo muestras de campo.  
C: Determinando especímenes con lupa binocular.  
D: Defensa del proyecto en el XXXIII Congreso de Jóvenes Investigadores.



## ANTECEDENTES

En los últimos años, ha sido objeto de una especial preocupación la relación causa-efecto, que va a dar lugar a la desaparición y/o malformaciones de determinadas especies liquénicas y/o sustitución por otras, así como las razones fisiológicas que inducen estos cambios (Hawksworth y Rose, 1976; Nimis *et al.*, 1989; Nimis *et al.*, 1990; Terrón Alfonso y Barreno Rodríguez, 1994; Fernández-Salegui, 1999; Fernández-Salegui *et al.*, 2002; Amo de Paz y Burgaz, 2009).

Formulación de las hipótesis de investigación

- Buena calidad del aire de la comarca de Benavente y los Valles.
- Mayor diversidad y calidad ambiental en las zonas boscosas alejadas de las poblaciones.
- La población de Benavente tiene la calidad de aire más baja de la comarca.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron cinco puntos de muestreo representativos de la zona de estudio: Benavente, Villabrázaro (Mosteruelo), Brime de Urz, Riego del Camino y Villanueva de Azoague. Las zonas de control son Valladolid (capital de la comunidad autónoma de Castilla y León) y Zamora (capital de provincia).

### MUESTREO DE LÍQUENES

Para la confección de los datos de calidad del aire (Nimis *et al.*, 1990) sólo se han considerado los líquenes epífitos sobre los troncos y ramas de las especies de árboles más comunes en la comarca de Benavente y los Valles. También se han observado los líquenes dispuestos en otras superficies (suelo, rocas, etc.) (Fig. 1B).

Se han realizado recogidas al azar en varios árboles de localidades y masas boscosas de la comarca. Sobre cada uno de los troncos seleccionados se observarán y recogerán ejemplares presentes en la cuadrícula de estudio (20 x 50 cm). Por otro lado, también se han recogido los ejemplares presentes en las ramas (fragmentos de 20 cm aproximadamente).

### RECONOCIMIENTO Y DETERMINACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD LIQUÉNICA

La identificación de los especímenes se realizará con base en la observación de las características morfológicas y anatómicas.

Para determinar las distintas especies se utiliza la clave de líquenes de Wirth & Düll (2004), utilizando los siguientes materiales:



- Lupa binocular para los caracteres morfológicos (Fig. 1 C).
- Microscopio óptico para observar las estructuras anatómicas (peritecios, apotecios, etc.). Estas estructuras se obtendrán en secciones cortadas a mano alzada de la estructura liquénica.

### ANÁLISIS DE DATOS Y COLABORACIÓN CON LA UNIVERSIDAD DE LEÓN

Los datos se analizarán con estadística descriptiva para realizar inferencias sobre la riqueza, diversidad y composición de la flora liquénica de las zonas de estudio.

Figura 2.

- A. Talo crustáceo: *Lecidella carpathica*;
- B. Talo foliáceo: *Xanthoria parietina*;
- C. Talo fruticuloso: *Evernia prunastri*;
- D. Talo compuesto: *Cladonia pyxidata*.



Tabla 01.

Especies liquénicas y tipos de talos recogidos.

| TIPO DE LIQUEN  | NÚMERO DE MUESTRAS | GRADO DE CONTAMINACIÓN     |
|---|--------------------|----------------------------|
| <b>Fruticuloso:</b><br>1. <i>Cladonia pyxidata</i><br>2. <i>Evernia prunastri</i><br>3. <i>Ramalina farinacea</i><br>4. <i>Ramalina siliquosa</i><br>5. <i>Cladonia rangiferina</i><br>6. <i>Ramalina fraxinea</i>    | 35                 | Ausencia de contaminación  |
| <b>Foliáceo:</b><br>1. <i>Xanthoria parietina</i><br>2. <i>Xanthoria polycarpa</i><br>3. <i>Parmelia caperata</i><br>4. <i>Hyperphysia adglutinata</i><br>5. <i>Parmelia parietina</i><br>6. <i>Parmelia quercina</i> | 32                 | Escasa contaminación       |
| <b>Crustáceo:</b><br>1. <i>Lecidella carpathica</i><br>2. <i>Lecidea litophila</i><br>3. <i>Dimelamea oreina</i>  | 4                  | Media – Alta contaminación |

Finalmente, se han tratado los datos cualitativos y cuantitativos sobre la presencia de distintos tipos de líquenes.



### RESULTADOS

Tras la recogida, la clasificación y estudio de los distintos líquenes de las diversas zonas de muestreo obtenemos los siguientes resultados:

En zonas más alejadas de la población, como el Mosteruelo de Villabrázaro o pueblos de escasa población (Riego del Camino y Brime de Urz), las especies de líquenes que más abundan son *Evernia prunastri*, varios tipos de *Ramalina* y *Cladonia*, así como *Parmelia sulcata* y *Usnea barbata*. Estos líquenes son foliáceos y fruticulosos, indicadores de escasa o nula contaminación (Figs. 2C y 2D).

A medida que nos acercamos a núcleos de población importantes, como es el caso de Benavente, aumentan los ejemplares de *Xanthoria parietina* (Fig. 2B). Este líquen de talo foliáceo indica cierto grado de contaminación. También encontramos la misma situación, o más acentuada, en las muestras control de Zamora y Valladolid (Fig. 2A) (muestras tomadas para poder comparar con la situación de la comarca) (Tabla 1).

### CONCLUSIONES

CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS NOS PERMITEN LLEGAR A LAS CONCLUSIONES FINALES DEL PROYECTO:

1. El aire de Villabrázaro, Villanueva y la zona cercana a Benavente aparece en buen estado y con **muy poco grado de contaminación**.

Por esta razón observamos una **mayor riqueza y abundancia de líquenes cuyos talos son fruticulosos y foliáceos**.

2. Comparando la zona de la comarca de Benavente con las ciudades control podemos observar la **diferencia entre vivir en una zona rural y una más desarrollada**.

Vivimos en una comarca que presenta bajo grado de contaminación, gracias a ello, existe una mejora en la calidad de vida de la población porque **respirar un aire más limpio reduce la posibilidad de padecer enfermedades respiratorias**.

3. **El ser humano influye notoriamente en la calidad del aire y contaminación atmosférica**.

Por ejemplo, durante las salidas de campo observamos **residuos atmosféricos alrededor de los árboles** que pueden deberse a las emisiones de las calefacciones en temporada de invierno.

Este proyecto pretende concienciar del estado de la calidad del aire que nos rodea, con respecto a los problemas medioambientales, para conseguir una mayor sensibilización social ante el reto de la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.



## AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestros compañeros (**Sara Hernández Delgado** y **Jorge González Mateos**) por su colaboración en la identificación de las especies de líquenes y su ayuda durante todo el proyecto, a nuestro profesor de Biología (Rafael Pérez Romero) por su predisposición y ayuda.

Por otro lado, al **IES los Sauces** por dejarnos los materiales necesarios para realizar los análisis y por alentar el espíritu investigador y, por último, cabe agradecer a la **Universidad de León** (Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales) por abrirnos sus puertas y hacer que conozcamos un poco más el apasionante mundo de la ciencia.

El presente trabajo forma parte del proyecto titulado “Los líquenes: bioindicadores de la contaminación atmosférica en la comarca de Benavente y los Valles” que ha representado a la comunidad de Castilla y León en la XXXIII Congreso de Jóvenes Investigadores convocados por INJUVE y el Ministerio de Universidades recibiendo el **Primer Premio en la modalidad de Ciencias de la Tierra y de la Vida** (Injuve, 2021a; Injuve, 2021b; Pérez-Romero, 2021) (Fig. 1D).

## BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, G., Martínez, I. y Burgaz, A.R. (2001). Macrolíquenes de Castilla La Mancha, Ciudad Real, España. Instituto de Estudios Manchegos, CSIC.
- Amo de Paz, G. y Burgaz, A.R. (2009). Líquenes epífitos del hayedo de Montejo de la Sierra (Madrid), Madrid, España. Editorial Complutense. Madrid.
- Barreno Rodríguez, E. y Pérez Ortega, S. (2003). Líquenes de la Reserva Natural de Muniellos. Oviedo, España. KRK Ediciones.
- Departamento de Biología y Geología (2021). Proyecto líquenes - XXXIII Congreso Jóvenes Investigadores 2021. <https://dptobiologiaieslossauces.blogspot.com/>
- Fernández-Salegui, A. B. (1999) Biomonitorización de la calidad del aire en la zona de La Robla (León). [Mem. Lic.]. Facultad de Biología. Universidad de León.
- Fernández-Salegui, A. B., Terrón, A., Fos, S., Barreno, E. (2002) Síntomas de daños por contaminantes atmosféricos en *Parmelia sulcata* Tayl. en la zona de La Robla (León, España). *Lazaroa* (23), pp. 7-16.
- Hawksworth, D. L. & Rose, F. (1976). Lichens as Pollution Monitors. *Studies in Biology* (66), pp. 1-61.
- Injuve Spain. (2021a, Diciembre 1). XXXIII Certamen Jóvenes Investigadores. SEGUNDA JORNADA. [https://youtu.be/Qv\\_yDV1DhgA](https://youtu.be/Qv_yDV1DhgA)



- Injuve Spain. (2021b, Diciembre 2). XXXIII Certamen Jóvenes Investigadores. ACTO DE CLAUSURA. <https://youtu.be/gXPbJuZP7VM>
- Izco, J., Barreno, E., Brugues, M., Costa, M., Devesa, J., Fernández, F., Gallardo, T., Llimona, X., Salvo, E., Talavera, S., Valdes. V. (1997). *Botánica*. Mc Graw-Hill Interamericana de España.
- Nimis, P. L., Castello, M. & Perotti, M. (1990) Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (North-hern Italy). *Lichenologist* (22 - 3), pp. 333-344.
- Nimis, P. L., Ciccarelli, A., Lazzarin, G., Bargagli, R., Benedet, A., Castello, M., Gasparo, D., Lausi, D., Olivieri, S., & Tre-tiach, M. (1989) I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio-Thiene-Breganze (VI). *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona* (16), pp. 1-154
- Pérez-Romero, R. (2021, Mayo 17). Vídeo Proyecto líquenes - XXXIII Congreso Jóvenes Investigadores 2021. <https://youtu.be/ukbmFKaDe5o>
- Spribile, T., Tuovinen, V., Resl, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, C., Schneider, K., Stabenheim, E., Toome-Heller, M., Thor, G., Mayrhofer, H., Johannesson, H., P. McCutcheon, J. (2016). Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. *Science* (353 - 6298), pp. 488-492. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aaf8287>
- Terrón Alfonso, A., & Barreno Rodríguez, E. (1994) Estimation of air pollution in the area of influence of the coal power station at La Robla (León, Northwest Spain) using epiphytic lichens as bioindicators. *Cryptogamie, Bryol. Lichenol.* (15 - 2), pp. 135-151.
- Wirth, V., Dull, R., Llimona, X., Ros, R.M. y Werner, O. (2004). *Guía de campo de los Líquenes, Musgos y Hepáticas*. Ed. Omega.





## Parásitos ocultos. Detección de *Cryptosporidium* y *Giardia* en mejillones comerciales

---

/ SEGUNDO PREMIO Y ESTANCIA CSIC

**AUTORA** | LUCÍA ZAMACONA GÓMEZ

**COORDINADORAS** | ANA R. ZORRILLA NAVARRETE Y M<sup>a</sup> TERESA VELASCO SANZ

**CENTRO** | IES MARGARITA SALAS

**CIUDAD** | MAJADAHONDA, MADRID

### RESUMEN |

En España el consumo de mejillones es muy elevado y existe el riesgo de que estos moluscos estén infectados por especies de *Cryptosporidium* y por *Giardia lamblia*, parásitos intestinales protozoarios que pueden suponer un problema para la salud de los consumidores. Con este proyecto se trata de detectar la presencia de dichos parásitos en varias muestras de *Mytilus edulis* y *Mytilus galloprovincialis*, procedentes de diferentes establecimientos comerciales, y así comprobar si la depuración a la que han sido sometidos es eficaz.

### ABSTRACT |

The consumption of mussels in Spain is very high, and there is a risk that these molluscs are infected by *Cryptosporidium* species and *Giardia lamblia*, protozoa which are intestinal parasites that can pose a problem for the health of consumers. The aim of this project is to detect the presence of these parasites in various samples of *Mytilus edulis* and *Mytilus galloprovincialis*, from different commercial establishments, and thus check whether the purification to which they have been subjected is effective.



## 1. INTRODUCCIÓN

Los mejillones son los moluscos bivalvos de mayor producción, los más comercializados y consumidos en España. Es una actividad económica esencial de la comunidad autónoma de Galicia, donde se encuentra más del 95% de la producción española de *Mytilus galloprovincialis* (98%) y *Mytilus edulis*. Además, su consumo está enormemente extendido por el país. En 2019, el consumo per cápita de mejillones ascendía a 1,03 kg al año [1].

Estos moluscos son filtradores, lo que les hace muy susceptibles de portar o infectarse ellos mismos de virus, bacterias o parásitos que puede haber en el agua. Dos de estos parásitos son especies de los géneros *Cryptosporidium* y *Giardia*, protozoos que causan respectivamente criptosporidiosis y *Giardiasis*, enfermedades gastrointestinales en los seres humanos. La aparición de algún brote de criptosporidiosis relacionada con la ingestión de mejillones es un riesgo real y presente, y si sucediera podría tener consecuencias muy graves, tanto sanitarias como económicas.

La **hipótesis** de trabajo de este proyecto es:

- La depuración a la que se someten los mejillones para su consumo no es suficiente para eliminar completamente los criptosporidios y *Giardias*.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. MEJILLONES

El mejillón, *Mytilus galloprovincialis*, es una especie de gran importancia económica en España por ser la más comercializada y de mayor producción acuícola. España está a la cabeza de la producción europea de mejillón, con el 23% del total en 2017 [2], y es el tercer productor mundial de este molusco, con el 8% del volumen total, según datos de la FAO de 2013 [3]. Se cultiva principalmente en las rías gallegas. Hay otra especie de mejillón que también se produce, pero en menor medida, *Mytilus edulis*.

Los moluscos bivalvos son muy apreciados ya que constituyen una excelente fuente de nutrientes. Son ricos en proteínas de alto valor biológico, similares a las de la carne y los huevos [4], grasas ricas en ácidos grasos omega 3, y en vitaminas y minerales como calcio, yodo, hierro, potasio y magnesio [5].

Como son filtradores, pueden poseer altas concentraciones de contaminantes. Se han encontrado en ellos formas infectivas de *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp., *Cyclospora* spp., *Toxoplasma gondii*, y algunas especies de *Microsporidia*. Esto se puede atribuir a que se cultivan en zonas cercanas a la costa, donde la contaminación del agua es mayor, principalmente por el vertido de residuos y aguas fecales [4].



### 2.1.1. ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA

Los mejillones pertenecen al Filo Moluscos, Clase Bivalvos. Se caracterizan por la presencia de una concha con dos valvas, que los protege de los depredadores. Actúa como soporte y punto de unión de los músculos. Las dos valvas están unidas entre sí con un fuerte ligamento elástico, una charnela y fuertes músculos aductores. El cuerpo consta de dos lóbulos simétricos que dejan entre ellos una cavidad, llamada paleal, donde se hallan los órganos internos [6].

Los bivalvos respiran a través de branquias, unas estructuras laminares en la cavidad paleal que la dividen en dos partes. La parte externa es la cámara inhalante, y la interna, la cámara exhalante. Los mejillones son organismos filtradores, que a la vez que captan el oxígeno del agua, retienen partículas en suspensión, como el fitoplancton y sustancias disueltas [7]. Su velocidad de filtración es muy alta, por lo que, si viven en un medio contaminado, por ejemplo, con aguas fecales, es muy probable que retengan una alta concentración de las partículas presentes.

### 2.1.2. TRATAMIENTO DE MEJILLONES: DEPURACIÓN

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la producción de mejillones es la prevención y control de enfermedades. Estos moluscos se suelen consumir muy poco cocinados, por lo que aumenta el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas.

Para determinar la necesidad de depuración o no, en España el único control sanitario que se realiza en las zonas de producción es medir la contaminación fecal del agua, para detectar los niveles de *Escherichia coli* [8].

La eficacia de la depuración depende de varios factores como el estado fisiológico del molusco y su capacidad de filtración, que se puede ver afectada por el transporte y recolección. También influyen las características de las instalaciones y de los parámetros físico-químicos del agua utilizada. En condiciones óptimas, los mejillones eliminan el 90-95 % de bacterias patógenas a las 24 horas [4].

Los estudios sobre la eficacia de este método tienen resultados contradictorios: Algunos evidencian la ineficacia de la depuración para eliminar ooquistes de *C. parvum*, pero en otros experimentos se demostró que los ooquistes de *C. parvum* captados por mejillones eran liberados al medio en 48 horas, con lo que se concluyó que 72 horas o más de depuración pueden ser suficientes para eliminar totalmente las formas parasitarias del interior de los moluscos [9].

### 2.2. CRYPTOSPORIDIUM

Los criptosporidios (del griego *krypt(o)* “escondido”, *spor(ā)* “semilla” o espora”, e *-idio* “pequeño”) son unos protozoos parásitos oportunistas, que producen



enfermedades gastrointestinales principalmente por transmisión hídrica, pero también alimentaria, lo que supone un problema sanitario a nivel mundial. Infectan a los seres humanos y también a otros muchos vertebrados, entre ellos el ganado y las mascotas [10] Pertenecen al filo *Apicomplexa*, clase *Conoidasida*, orden *Eucoccidiorida*, familia *Cryptosporidiidae* y género *Cryptosporidium*.

Su forma de infección y resistencia es el ooquiste. Tienen forma esférica y miden de 2 a 6  $\mu\text{m}$  de diámetro. Su estructura interior consta de 4 esporozoitos, que es la forma que se introduce en las células epiteliales del intestino, y numerosos cuerpos residuales [11]. La pared ooquistica protectora proporciona una alta resistencia a las condiciones ambientales y especialmente a los desinfectantes químicos utilizados, por ejemplo, en la cloración del agua destinada a consumo humano. Puede ser de dos tipos: gruesa, que es la que proporciona mayor protección, o fina, que forma los ooquistes que exquistan endógenamente y originan procesos de autoinfección [12].

Su ciclo vital se completa dentro de un único hospedador. Las principales vías de entrada de los criptosporidios en el huésped son oral, cutánea, ocular y nasal. Una vez ingeridos, se desenquistan, normalmente en el intestino delgado, y liberan los esporozoitos. Éstos parasitan las células epiteliales y forman una vacuola parasitófora. Dentro de esta vacuola, cada esporozoito se transforma en trofozoíto e inicia un ciclo de multiplicación asexual, merogonia, y después uno sexual, gametogonia. Se originan ooquistes que se desarrollan por esporulación y se liberan a la luz del tubo intestinal. Pueden ser de pared fina e iniciar un proceso de autoinfección, o de pared gruesa y ser expulsados por las heces.

Cuando se expulsan, son potencialmente infecciosos. Debido a la pared que proporciona la forma del ooquiste, son muy resistentes a condiciones adversas del medio externo [4]. Son capaces de conservar su infectividad de 2 a 6 meses, a una temperatura entre 4 y 25°C [13] [14]. A mayor temperatura, su infectividad se ve afectada porque los esporozoitos quedan desprotegidos al desnaturalizarse las proteínas de su pared [15].

A pesar de esto, se ha comprobado que los criptosporidios son resistentes al modo de cocción al vapor al que se someten los mejillones, lo que supone un gran riesgo para los consumidores si se comercializaran mejillones previamente contaminados [16].

### 2.3. CRIPTOSPORIDIOSIS

La criptosporidiosis es una enfermedad cosmopolita emergente, provocada por la infección de criptosporidios, que puede darse en brotes esporádicos o en epidemias. Actualmente tiene una importancia mundial, ya que afecta tanto a países desarrollados con tasas de infección del 0,6 al 2%, como a países del tercer mundo, con mayores tasas: del 4 al 32%. En estos últimos, los más afectados son los niños [17].



Las especies de *Cryptosporidium* responsables de la infección humana son *C. parvum* y *C. hominis* [18]. *C. parvum* es zoonótica, por tanto, predomina en zonas donde hay más explotaciones ganaderas [19].

La gravedad de la enfermedad depende de la carga infecciosa, la cepa y el estado inmunológico del hospedador [20] El periodo de incubación varía entre 4 y 12 días. El hospedador puede ser asintomático o presentar síntomas entre 5 y 14 días después de la infección. Normalmente duran de 5 a 10 días, aunque pueden permanecer hasta 30 días [21].

La transmisión se produce por contacto animal-persona, persona-persona, a través del contacto con superficies o heces contaminadas, o bien al beber agua contaminada, bañarse en playas, piscinas o lagos contaminados. Las personas de mayor riesgo son los profesionales que trabajan con animales, niños en guarderías y las personas en contacto con individuos infectados. En países en vías de desarrollo, los focos de infección son los depósitos de aguas residuales municipales y las fuentes de abastecimiento de agua potable, por un tratamiento pobre del agua [22].

El síntoma principal es la diarrea, que puede variar de intensidad, pero generalmente es acuosa, voluminosa y no inflamatoria. Otros síntomas aparecen con menor frecuencia, como náuseas (67%), calambres abdominales (67%), flatulencia y vómitos (47%).

En personas inmunocompetentes la infección es autolimitada, mientras que, en las inmunodeprimidas, si son incapaces de eliminar al parásito puede adquirir un carácter crónico y, en casos extremos, provocar la muerte [23]. Además, los síntomas se agravan. Pueden perder entre 1 y 25 L de agua al día y presentan otras manifestaciones clínicas como anorexia, náuseas, vómitos, dolor abdominal tipo calambre, fiebre intermitente, pérdida de peso, deshidratación y desnutrición severa [21].

### 2.4. GIARDIAS

*Giardia lamblia* es un protozoo flagelado que parasita varios mamíferos, entre ellos el ser humano. Perteneció al filo *Sarcomastigophora*, subphylum *Mastigophora*, clase *Zoomastigophorea*, orden *Diplomonadida*, familia *Hexamitidae* y género *Giardia*. *Giardia lamblia* o *intestinalis*. Es la especie que infecta a humanos y provoca *Giardiasis*.

Como los criptosporidios, las *Giardias* tienen dos estados, el quiste, que es la forma infecciosa y de resistencia, y el trofozoíto, la forma vegetativa responsable de causar la enfermedad en el intestino delgado del hospedador. Los quistes tienen forma de elipse, de 8-12  $\mu\text{m}$  por 5-8  $\mu\text{m}$ , y presentan 4 núcleos. La pared quística aporta gran resistencia a los factores externos, además de a los desinfectantes como el cloro. Los trofozoítos, de 12-15  $\mu\text{m}$  por 6-8  $\mu\text{m}$ , tienen



forma de pera y cuatro pares de flagelos, cuya función es la movilidad [24].

El ciclo biológico de las *Giardias* tiene algunas similitudes con el ciclo de los criptosporidios. Cuando los quistes son ingeridos por un hospedador se desquistan en el intestino delgado y cada uno da lugar a dos trofozoítos que se adhieren con los flagelos a las vellosidades intestinales. Allí se alimentan y se reproducen, pero, al contrario que los criptosporidios, sólo se reproducen asexualmente. Los trofozoítos se dividen en el intestino mediante fisión binaria. Los parásitos se vuelven a enquistar cuando se acercan al colon, son liberados en las heces y pueden infectar a nuevos hospedadores [25].

### 2.5. GIARDIASIS

La *Giardiasis* es una enfermedad cosmopolita de gran relevancia epidemiológica y sanitaria. En Estados Unidos es una de las enfermedades parasitarias intestinales más diagnosticadas en viajeros con diarrea crónica. Además, se distribuye por todo el mundo, siendo prevalente en países subdesarrollados, por el clima cálido y escasa higiene. La población de mayor riesgo son turistas, homosexuales y personas en asilos y guarderías, debido a su forma de transmisión [26]. La transmisión es principalmente fecal-oral directa, o indirectamente a través del agua y alimentos contaminados [27].

La *Giardiasis* aguda se desarrolla tras un periodo de incubación de 1 a 14 días, y suele durar de 1 a 3 semanas. Aunque suele llevar un curso autolimitado, hay casos en los que, sin tratamiento, la enfermedad se puede alargar meses e incluso años. Los síntomas pueden ser desde inexistentes, en el 60% de los casos, hasta muy graves. Los más comunes son: diarrea acuosa, dolor abdominal, flatulencia, fatiga, náuseas, anorexia y mala absorción de nutrientes, aunque esta enfermedad se caracteriza por presentar síntomas muy variables e intermitentes [24].

### 3. METODOLOGÍA

En este proyecto, se han utilizado tres métodos distintos:

- *Tinción Kinyoun*: con fucsina básica y verde malaquita. Específico para criptosporidios.
- *Inmunocromatografía*: con tiras reactivas para criptosporidios y *Giardias*.
- *Inmunofluorescencia directa (IFD)*: con isotiocianato de fluoresceína como marcador fluorescente. Sirve para detectar ambos parásitos.

El objetivo es detectar la presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en cuatro muestras diferentes de mejillones compradas en tres supermercados: *M. galloprovincialis* de Ahorramás, *M. edulis* y *M. galloprovincialis* del E. Leclerc, y *M. galloprovincialis* de Supercor.



1. Para la **preparación de las muestras**, se extrajo y machacó los cuerpos de mejillones, y se prepararon muestras con solución salina. Se repartieron en dos grupos de 4 portaobjetos, y cuatro tubos Eppendorf.

2. Para la **tinción Kinyoun**, cuatro portas se tiñen con fucsina durante 12 minutos. A continuación, con agua a poca presión, se lavan los portas para retirar el excedente de tinte y se decolora con ácido sulfúrico al 4%, durante 40 segundos. Se vuelven a lavar. Los portas se introducen en un contra colorante, verde malaquita, durante 5 minutos, y se vuelven a lavar solo con agua. Se dejan secar a temperatura ambiente. Se realiza el montaje permanente, se echa una gota de líquido de montaje DPX.

3. Para realizar la **inmunocromatografía**, en cuatro tubos Eppendorf se mezclan 100 mL de cada muestra, procedentes de los tubos preparados el primer día, con 4 gotas de tampón de disolución por muestra y se introducen las tiras reactivas. Se espera 10 minutos a que se visualicen los resultados.

4. Con el segundo grupo de portas se realiza la **inmunofluorescencia directa (IFD)**. Para ello, se añade una gota del fluorocromo a cada pocillo y se deja en la incubadora a 37°C, durante 30 minutos. A continuación, se introducen en el agua destilada, para limpiar los anticuerpos que no hayan reaccionado, y se agitan durante 10 minutos.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. TINCIÓN KINYOUN

Se realiza un barrido con el microscopio óptico sobre los ocho pocillos. En el caso de que la técnica detecte la presencia de criptosporidios en las muestras, se deberían observar unos puntos rosas sobre el fondo verde malaquita.

Todas las muestras dan **negativo**, es decir, sólo se observa el fondo verde y no se detecta ningún criptosporidio. Esto indica que los mejillones no están contaminados, pero se debe considerar que pudiera haber una concentración de criptosporidios tan pequeña que no se detecta con este método, porque es menos sensible y preciso que los otros dos métodos realizados posteriormente.

#### 4.2. INMUNOCROMATOGRAFÍA

Los resultados obtenidos con la inmunocromatografía se observan a simple vista. En cada tira hay dos líneas reactivas, la superior reacciona con *Giardias* y la inferior con criptosporidios. Si detecta la presencia de estos parásitos, ambas líneas se tiñen de azul. Se observa que sólo en la muestra 2 que corresponde al mejillón de roca, *M. edulis*, procedente de Francia, se aprecian dos líneas azules, correspondientes a *Giardias* y criptosporidios. En las otras, que son *M. galloprovincialis*, procedentes de bateas gallegas, hay positivos débiles para las *Giardias*, y las tres dan negativo para criptosporidios. En resumen, sólo hay un positivo para criptosporidios en la muestra de *M. edulis*, y positivo para *Giardias* en todas, el más fuerte el correspondiente a *M. edulis*.



En general, los resultados son muy débiles, lo que concuerda con los obtenidos en la tinción Kinyoun, pero no se puede descartar todavía la presencia de los parásitos.

#### 4.3. INMUNOFLUORESCENCIA DIRECTA

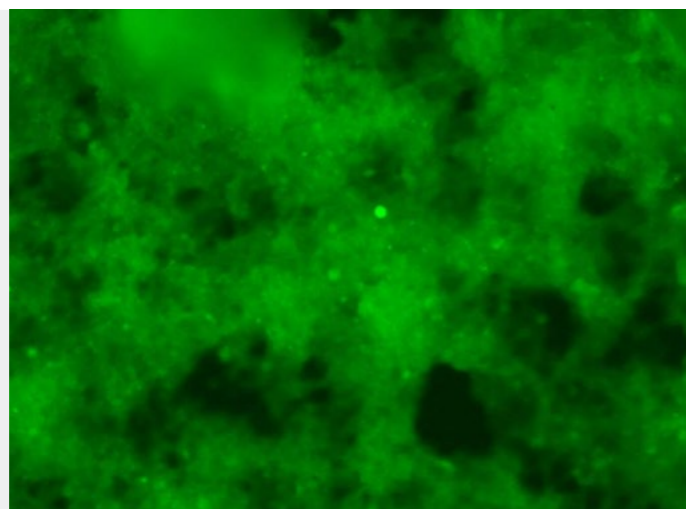
Para analizar los resultados de la IFD, se hace un barrido con un microscopio de fluorescencia con luz ultravioleta. Con esta técnica, los criptosporidios se observan como una forma circular pequeña, de color verde manzana fluorescente, que resalta sobre el fondo. Las *Giardias* se ven con una forma ovalada más grande.

En la figura 1 se observan los resultados para la muestra 2, correspondiente al mejillón de roca, *M. edulis*. Se ve perfectamente la presencia de estructuras compatibles con ooquistes de criptosporidios. En las muestras 2, 3 y 4 de mejillones de batea de *M. galloprovincialis*, también se observaron estructuras similares, que aparecen con frecuencias variables. Se detectan criptosporidios en todas las muestras.

Los resultados para la presencia de *Giardias* son negativos en todas las muestras. Esto contradice los resultados de la inmunocromatografía. Una posible motivo sería que la preparación de las muestras y la tinción habrían producido la degeneración de la superficie de los quistes y de los antígenos de reconocimiento de los anticuerpos unidos al fluorocromo.

Figura 01.

Ooquiste de criptosporidio en la muestra 2.  
Fotografía propia.



## 5. CONCLUSIONES

En este proyecto se ha conseguido detectar ooquistes de *Cryptosporidium* en muestras de *Mytilus galloprovincialis* y *M. edulis*, de cuatro supermercados diferentes. Comprobar y validar la hipótesis planteada de que la depuración de mejillones no es suficientemente efectiva para eliminar estos parásitos.

Los criptosporidios y las *Giardias* son muy difíciles de detectar, sobre todo por su reducido tamaño, como se ha comprobado en este proyecto. Han sido necesarios tres métodos diferentes de detección para obtener unos resultados concluyentes.

Ingerir mejillones en estas condiciones comporta cierto riesgo para la salud porque la preparación y cocción no llegan a eliminar la presencia y la viabilidad de *Cryptosporidium* y *Giardia*.

Aunque la enfermedad gastrointestinal producida por estos parásitos no es grave, sí lo es nuestra indefensión frente a estos y otros parásitos, que no son eliminados con la depuración a la que se somete a los mejillones ni con el proceso de cocción. Además, no hay un tratamiento totalmente efectivo contra ellos.

Al analizar los resultados y conclusiones obtenidas, resulta extraño que no se haya relacionado ningún brote de criptosporidiosis con el consumo de mejillones. Esto se puede atribuir a que, aunque la depuración no elimina estos ooquistes, ni su cocción, pueden haber perdido su viabilidad o infectividad en el momento de consumirlos.

Algunas líneas futuras de investigación son: el estudio de la viabilidad de los ooquistes de criptosporidios, y *Giardias* si se encuentran, y la búsqueda de nuevos métodos de desinfección o mejora de los actuales, para afrontar el problema desde el inicio.

## BIBLIOGRAFÍA

- P. y alimentación Ministerio de Agricultura, "INFORME DEL CONSUMO DE ALIMENTACIÓN EN ESPAÑA 2019," Madrid, 2019. [Online] Available <https://n9.cl/q8zbr>.
- Asociación Empresarial de Acuicultura en España (APROMAR), "La acuicultura en España en 2019," p. 91, 2019.
- M. Méndez, "Galicia cae al tercer puesto en la lista de productores mundiales de mejillón," 2015. <https://n9.cl/93yz7>.



- H. Gómez Couso, "Cryptosporidium en moluscos bivalvos," p. 183, 2005.
- "Mejillón: valor nutricional, beneficios y propiedades de una joya gastronómica," La Vanguard., 2018, [Online]. Available: <https://n9.cl/9f6b6>.
- Montero Agüera, I. (1971) "Moluscos bivalvos españoles," Universidad de Sevilla.
- Peteiro, L G.R. Filgueira, R. M J, (2007) "Fisiología Energética del Mejillón (*Mytilus galloprovincialis*)," Unidades Didact. Acuic., pp. 60–60.
- R. Lee, A. Lovatelli, and L. Ababouch, (2010) Depuración de bivalvos: aspectos fundamentales y prácticos.
- Gomez-Bautista, M. *et al.*, (2000) "Detection of infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and cockles (*Cerastoderma edule*)," Appl. Environ. Microbiol. pp. 1866–1870.
- Carpenter, C. *et al.*, (1999) "Chlorine Disinfection of Recreational Water for *Cryptosporidium parvum*," Emerg. Infect. Dis. J.), p. 579.
- "Criptosporidium," (2019) EcuRed., <https://www.ecured.cu/Criptosporidium>
- Rodríguez, J. C. and Royo, G. (2001) "Cryptosporidium y criptosporidiosis," Control Calid. SEIMC, pp. 1–7.
- Fayer, R. (1994) "Effect of high temperature on infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water," Appl. Environ. Microbiol., pp. 2732–2735.
- Pokorny, N. J. *et al.*, (2002) "Influence of Temperature on *Cryptosporidium parvum* Oocyst Infectivity in River Water Samples as Detected by Tissue Culture Assay," J. Parasitol., pp. 641–643
- Petry, F., Kneib, I., and Harris, J. R. (2009) "Morphology and *in vitro* Infectivity of Sporozoites of *Cryptosporidium parvum*," J. Parasitol., vol. 95, no. 5, pp. 1243–1246.
- Gómez-Couso, H. *et al.*, (2006) "Cooking mussels (*Mytilus galloprovincialis*) by steam does not destroy the infectivity of *Cryptosporidium parvum*," J. Food Prot., vol. 69, no. 4, pp. 948–950.
- Datry A. y col., (2008) "Criptosporidiosis," orpha.net, [https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/OC\\_Exp.php?Lng=ES&Expert=1549](https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/OC_Exp.php?Lng=ES&Expert=1549)
- Cama, V. A. *et al.*, (2008) "Cryptosporidium species and subtypes and clinical manifestations in children, Peru," Emerg. Infect. Dis., pp. 1567–1574.
- Navarro-i-Martinez, L., Del Aguila, C. and Bornay-Llinares, F. (2011) "Cryptosporidium: a genus in revision. The Situation in Spain," Enferm. Infecc. Microbiol. Clin., vol. 29, pp. 135–143.
- Doménech, J. (2003) "Cryptosporidium y Giardia, problemas emergentes en el agua de consumo humano" Offarm, vol. 22, no. 11, pp. 112–116.



- Romero Cabello, R. (2007) Microbiología y parasitología humana. México.
- Talavera-Rojas, M., *et al.*, (2014) "Cryptosporidiosis. Importancia en salud pública".
- García *et al.*, (2004) "Brotos epidémicos de Criptosporidiosis," Soc. Española Enfermedades Infecc. y Microbiol. Clínica, pp. 1–10.
- M. Jesús and A. Soriano, (1995) "Giardia y giardiosis".
- "Giardiasis," (2017) "Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern." CDC-DPDx, <https://www.cdc.gov/dpdx/Giardiasis/index.html>
- Lujan, H. D., (2006) "Giardia y Giardiasis," Inst. Investig. Médicas Mercedes y Martín Ferreyra (INIMEC-CONICET), Córdoba, no. 1, pp. 70–74.
- Craun, G. F., (1986) "Waterborne Giardiasis in the United States 1965-84.," Lancet (London, England), vol. 2, no. 8505. England, pp. 513–514.



## Aguas contaminadas: peces de plástico

/ SEGUNDO PREMIO

**AUTORA** | MARTA GARCÍA PINTADO

**COORDINADORA** | M<sup>a</sup> TERESA HERVÁS ABELLÁN

**CENTRO** | IES LOS ALBARES

**CIUDAD** | CIEZA, MURCIA

### RESUMEN |

La contaminación por plásticos se ha ido incrementando a niveles descomunales, acarreando consecuencias difíciles de solucionar. Esta investigación se centra en la problemática de la contaminación de plásticos en mares, la ingesta de estas por la fauna marina y nuestro posterior consumo de pescados contaminados. Por ello nos centramos en la experimentación del aparato digestivo y respiratorio de 112 ejemplares de pescado provenientes de pescaderías locales, con el objetivo de obtenerlas del mismo lugar que el resto de la sociedad lo hace. En primer lugar, se clasificó cada pescado (procedencia y edad) a través de la obtención de escamas imbricadas observando las estrías de crecimiento a través del microscopio, debido a que los círculos concéntricos en dirección opuesta a las estrías de la escama revelan la edad del pez. Se realizó la disección en el laboratorio del IES Los Albares, donde con microscopio óptico y la lupa binocular se observó el tubo digestivo y branquias de los pescados en busca de partículas o fibras microplásticas; al encontrarlas, se depositaban en portaobjetos para un posterior análisis. Tras este proceso, se hizo un lavado y eliminación de la materia orgánica de las partes del pescado objeto de experimentación; se realizó un filtrado por cada 5 ejemplares de pescado, con el propósito de encontrar en el papel de filtro algún microplástico no hallado previamente. Al obtener las sustancias encontradas en ambos procedimientos, se realizó un análisis exhaustivo para determinar y clasificar que se trataban de microplásticos y no de otra sustancia.



### ABSTRACT |

Plastic contamination has increased to uncommunal levels, with consequences that are difficult to solve. This research focuses on the problem of pollution of marine plastics, their intake by marine fauna and our subsequent consumption of contaminated fish. We therefore focus on the digestive and respiratory experimentation of 112 fish from local fish farms, with the aim of obtaining them from the same place as the rest of society. First, each fish (provenance or age) was classified by obtaining imbricated scales by looking at the growth ribs through the microscope, because concentric circles in the opposite direction to the scale striae reveal the age of the fish. The dissection was performed in the laboratory of IES Los Albars where with optical microscope and binocular magnifying glass the digestive tube and gills of the fish were observed in search of particles or microplastic fibers; when found, they were deposited on slides for further analysis. After this process, a washing and removal of the organic matter from the parts of the fish under test was carried out; one filtration was carried out for every 5 fish specimens, with the purpose of finding on the filter paper some microplastic that was not previously. By obtaining the substances found in both procedures, we performed a thorough analysis to determine and classify them as microplastics and not another substance.



## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la acumulación de sustancias químicas, desechos, plásticos e incluso basura en mares y océanos se ha incrementado a pasos agigantados.

Tenemos una idea equivocada al pensar que todos los productos, sustancias y objetos que reciclamos o desechamos a sus respectivos contenedores acaban en vertederos, de hecho, solo el 9% del plástico que consumimos o producimos es reciclado, el 12% es incinerado, mientras que el 79% restante acaba en el medio ambiente y en el vertedero (Greenpeace, 2015). Es alarmante el porcentaje que acaba en el medio ambiente, podemos afirmar que es uno de los más perjudiciales, por el motivo de que miles de los seres vivos que habitan en esas tierras tienen que aprender a convivir con nuevas sustancias y desechos que invaden y destruyen su hábitat con cada vez más frecuencia, incluso modifican su salud y las condiciones del terreno a las que están acostumbrados a vivir (ONU, 2018). Además, dichas sustancias que los seres humanos desechamos y que posteriormente encontramos en mares y océanos, se nos devuelve mediante los seres vivos que habitan en esas aguas y que consumimos diariamente. No solo eso, sino que las consecuencias que eso conlleva no son solo perjudiciales para el medio natural, ya que también nos repercute en nuestra rutina diaria y en los alimentos que consumimos (Londoño, 2016). De hecho, la producción de plástico en las últimas décadas ha aumentado considerablemente (Figura 1), creciendo el uso innecesario de estas sustancias como los microplásticos, partículas de plástico con un tamaño inferior a los cinco milímetros, y que posteriormente se convierten en nanopartículas con un tamaño menor de 0,1 micrómetros, lo que resulta imposible de percibir a simple vista, teniendo así un gran porcentaje de posibilidades de encontrárnoslas en los alimentos, seres vivos o vegetales que consumimos, ya que poco a poco estas partículas van invadiendo nuestra cadena alimenticia.

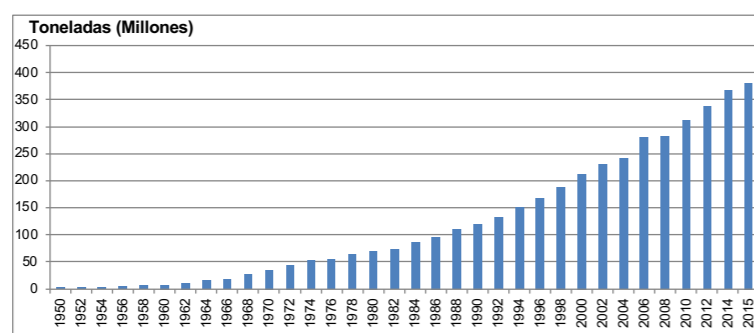


Figura 01.

Producción de plástico en todo el mundo. Fuente: Geyer et al (2017).

## 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Esta investigación pretende informar sobre el nivel de contaminación por plásticos en mares y océanos, los cuales en su mayoría no son biodegradables, que



posteriormente son consumidos por la fauna marina, incorporándose así en la cadena alimenticia hasta llegar a la ingestión de estos organismos contaminados por el ser humano, por ello se tiene como objetivo responder a la siguiente pregunta:

¿Existe una cantidad relevante de microplásticos en los pescados que consumimos? A partir de esta cuestión, se elaboraron los siguientes objetivos:

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el nivel de contaminación por plásticos de los pescados que consumimos.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer qué elementos contaminantes se obtienen al analizar o estudiar los apartados digestivos y respiratorios del pescado.
2. Medir la contaminación encontrada de plásticos en la muestra seleccionada de pescado.
3. Obtener una visión aproximada de la correlación de plásticos con respecto a distintos factores.

## 3. METODOLOGÍA

Se presenta en este trabajo una investigación con un enfoque cuantitativo, ya que cuyo análisis se dirige a lograr descripciones específicas de los fenómenos estudiados. Por lo que cada etapa antecede a la siguiente, recopilando datos con el fin de establecer hipótesis con una base en la medición numérica, y un análisis estadístico que construye una perspectiva teórica sobre el problema de la investigación. Así mismo, se establecieron las siguientes fases:



Figura 02.

Fases de la investigación Fuente: Adaptado de Peinado (2018).



En relación con el trabajo de campo, se obtuvieron los datos necesarios para verificar la hipótesis principal y obtener conclusiones acertadas, ambos instrumentos fueron realizados simultáneamente, ya que eran necesarios los datos del primer instrumento para realizar el análisis del segundo instrumento. Por ello, el proceso que se realizó con cada uno de los peces diseccionados fue el siguiente:

Figura 03.

Proceso, recogida de datos por instrumento y periodo de tiempo.

| Instrumento 1<br>Práctica en el laboratorio  | Instrumento 2<br>Registro  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Se diseccionaron un total de 112 peces a través de la lupa binocular con la que se dispuso a realizar la disección y observación de la sardina, con la recogida de datos durante ello y ejecutando a través del microscopio óptico un estudio del contenido del tubo digestivo y de branquias. Durante todo momento, se fueron recogiendo distintas imágenes del proceso de disección y obtención de resultados.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Una vez diseccionado el pescado y obtenido los resultados y objetivos deseados, se elaboró un registro con la intención de detallar y analizar las características de las sustancias encontradas con mayor precisión, permitiendo que la materia encontrada pueda ser clasificada para un posterior avance en la investigación descriptiva ya que se trata de interpretar correctamente la realidad de los hechos.</li> </ul> |

#### 4. RESULTADOS

A nivel global, los microplásticos están siendo más perceptibles en nuestra rutina diaria, en especial en el ámbito de la alimentación, al convivir con ellos más de lo que la gran mayoría intuye. Por consiguiente, esta investigación pretende mostrar algunos datos resultantes de la exploración de microplásticos en los pescados:

##### 4.1. SECUENCIA DE CARACTERÍSTICAS DE LA TOMA DE MUESTRAS:

###### 4.1.1. LUGAR DE PROCEDENCIA DEL PESCADO

| NÚMERO DE PESCADOS | LUGAR DE PROCEDENCIA                   |
|--------------------|--|
| 53 ejemplares      | Mar de Alborán (Mar Mediterráneo)      |
| 47 ejemplares      | Aguas Portuguesas (Atlántico Nor-Este) |
| 12 ejemplares      | Atlántico Nororiental Golfo de Vizcaya |

Figura 04.

Lugares de procedencia de los pescados diseccionados.

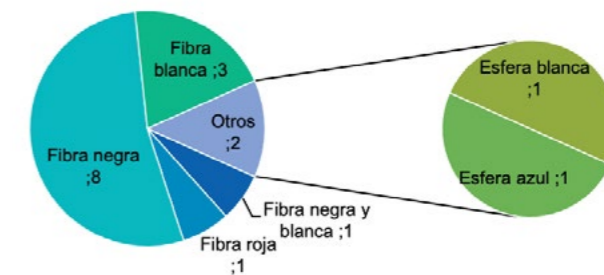
El muestreo pretende investigar sobre la cantidad de microplásticos que contienen los pescados que se consumen. Por ello, es necesario recoger nuestra toma de ejemplares del mismo lugar al que la mayor parte de la sociedad lo hace; es decir, de las pescaderías locales. De este modo, se clasificará cada ejemplar de pescado junto a su lugar de procedencia; así pues, se tendrá una visión general de nuestra red de muestreo en torno a los siguientes territorios:

#### 4.2. ANÁLISIS 1: PROCESADO DE LAS MUESTRAS DISECCIONADAS BAJO LA LUPA BINOCULAR

Durante este análisis, de los 112 ejemplares de pescado, tras la búsqueda visual de microplásticos, se encontraron dichas partículas en un número definido de 14 pescados. Pues en los 98 pescados restantes no se visualizó ninguna micro-partícula tanto en el tubo digestivo como en las branquias. Tras esta observación, se halló una presencia total de 15 fibras y esferas con características independientes (Figura 5).

Figura 05.

Número de partículas encontradas clasificadas por sus características.



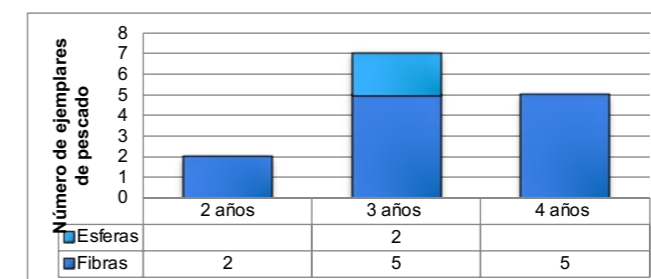
La representación mostrada anteriormente conduce a distintas hipótesis, las cuales acarrearía diferentes mecanismos posibles de dicha obtención.

##### 4.2.1. EDAD DEL PESCADO

Como se muestra en la figura 6, la edad del pescado puede ser un rasgo relevante en la obtención de microplásticos, ya que, a mayor edad del ejemplar, como su duración en el medio marino contaminado es más prolongada, es viable un mayor porcentaje de riesgo y posibilidades de ingerir alguna partícula dañina a lo largo de su existencia. Por lo que en ninguno de los 14 ejemplares donde se han encontrado fibras y esferas, tienen una edad corta que anule la hipótesis comentada al principio.

Figura 06

Partículas dañinas encontradas en el pescado respecto a su edad.





### 4.2.2. PESO Y LONGITUD DEL PESCADO

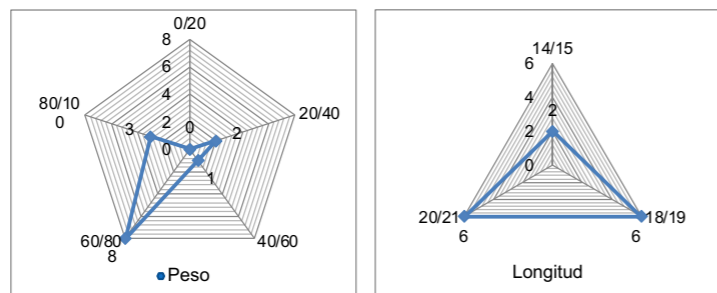


Figura 07.

Cantidad de microplásticos en torno al peso y longitud del pescado.

Atendiendo al gráfico ilustrado precedentemente, se agruparon los 14 pescados donde se han encontrado esferas y fibras teniendo en cuenta su peso y longitud. Basándonos en estos resultados, se puede afirmar que hay una mayor preponderancia de microplásticos en aquellos pescados donde su peso y longitud sea mayor, pues contienen un porcentaje mayor de posibilidades de confundir un microplástico del tamaño de los alimentos que normalmente están acostumbrados a consumir.

### 4.3. ANÁLISIS 2: PROCESADO DE MUESTRAS TRAS LA FILTRACIÓN DE LOS EJEMPLARES DE PESCADO

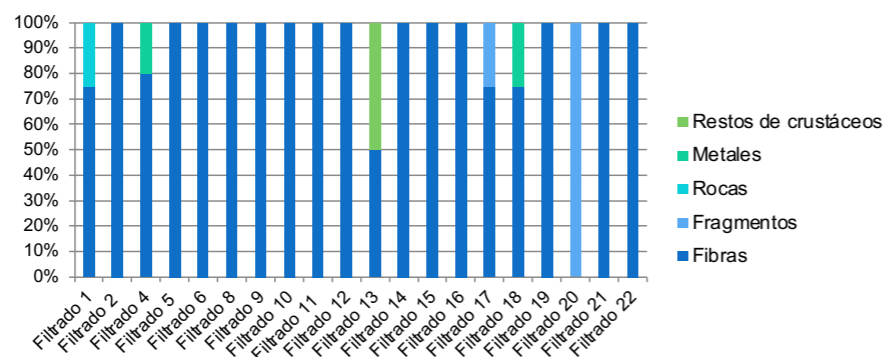


Figura 08.

Elementos encontrados tras la filtración de los 112 ejemplares.

Se hizo un lavado y eliminación de la materia orgánica de las partes del pescado objeto de experimentación, se realizó un filtrado por cada 5 ejemplares de pescado, para asegurarnos que ninguna partícula presente en las branquias o en el tubo digestivo de los ejemplares hayan sido imperceptibles, tanto por visión como por manipulación. En el análisis 1 se obtuvo un total de 22 papeles de filtro, de los cuales 20 de ellos se encontró la presencia de algún tipo de elemento. Tal y como muestra la Figura 8, las partículas encontradas se clasifi-

caron en fibras, fragmentos, rocas, metales y restos de crustáceos. Se adquirió un total de 47 nuevas fibras, 4 fragmentos de tono azul, un fragmento de roca de tono marrón, 2 metales alargados en tono azul y rojo, y 1 pata proveniente de un crustáceo de tono rojo. Con respecto a los elementos encontrados, cabe diferenciarlos según su color, tamaño y forma.

### 4.3.1. ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS SEGÚN SU COLOR

Para la clasificación del tamaño de los microplásticos según su color, se ha representado en la figura 9 el porcentaje de partículas encontradas en el filtrado atendiendo a las siguientes tonalidades:

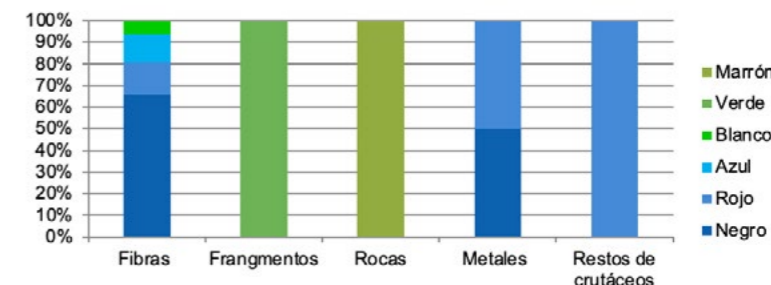


Figura 09.

Porcentaje de microplásticos encontrados en torno a su color.

Se podría resumir a continuación en seis tonalidades de microplásticos distintos, siendo de manera igualitaria predominantes los colores fríos respecto a los cálidos. Entre la tonalidad fría se engloban los colores verde y azul; y por consiguiente los colores cálidos englobarían las tonalidades restantes, siendo el marrón y el rojo; el negro y el blanco son tonalidades neutras en dicha clasificación.

### 4.3.2. ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS SEGÚN SU TAMAÑO

Para este análisis se han organizado los datos atendiendo al tamaño (expresado en mm) que cada microplástico presenta, junto con la cantidad encontrada de los mismos, obteniendo:

| MEDIDAS EXPRESADAS EN MM | CANTIDAD DE PLÁSTICO ENCONTRADO |
|--------------------------|---------------------------------|
| 0,5/1mm                  | 27                              |
| 1,5/2mm                  | 14                              |
| 3mm                      | 3                               |
| 4mm                      | 2                               |
| 5mm                      | 3                               |

Figura 10.

Cantidad de microplásticos encontrados en torno a su tamaño.

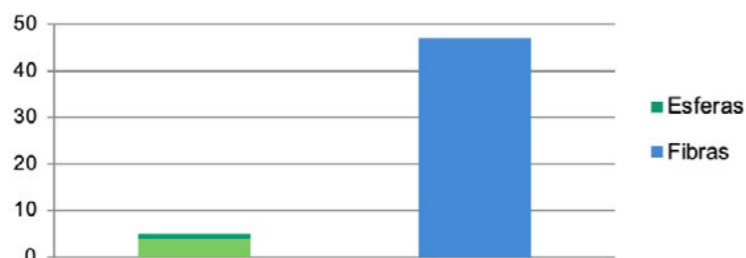


### 4.3.3. ABUNDANCIA DE MICROPLÁSTICOS SEGÚN SU FORMA

Cabe considerar por otra parte, el promedio de microplásticos encontrados en las muestras en torno a su forma. Por lo que los datos obtenidos se clasificaron en torno a los siguientes perfiles:

Figura 11.

Abundancia de microplásticos clasificados según su forma.



Dentro de este orden de ideas, un valor de 5 microplásticos es perceptible de poseer una forma irregular, todos ellos pertenecientes al grupo de fragmentos y esferas; mientras que un valor de 47, es el número restante de microplásticos, tienen la particularidad de poseer una forma en forma de fibra respecto a las anteriores, ya que, a diferencia de las nombradas inicialmente, estas partículas presentan formas que no se pueden definir como una forma concreta.

### 4.4. ANÁLISIS 3: PROCEDIMIENTO PARA EVIDENCIAR QUE SE TRATA DE MICROPLÁSTICOS

Una vez obtenidas las partículas resultantes en cada análisis se procedió a realizar una serie de análisis indirectos, para detectar la naturaleza del elemento y verificar que se tratan de microplásticos y no de otras partículas incomparables. Por lo que, tras ejecutar dichos análisis explicados en las etapas metodológicas, se obtuvo los siguientes datos:

Figura 12.

Resumen de Análisis indirectos en relación a la naturaleza del microplástico.

|                          | Fibras   | Fragmentos y Metales | Rocas/Minerales | Restos de crustáceos | Algas | Escamas |
|--------------------------|--|----------------------|-----------------|----------------------|-------|---------|
| Flotabilidad             | +  | +                    | -               | +                    | +     | -       |
| Rehidratación            | -  | -                    | -               | +                    | +     | -       |
| Simetría                 | -  | -                    | -               | +                    | +     | -       |
| Flexibilidad             | +  | -                    | -               | +                    | +     | +       |
| Elasticidad              | +  | -                    | -               | +                    | -     | -       |
| Reacción a temperatura   | +  | +/-                  | -               | -                    | -     | -       |
| Color y aspecto          | Variable y dependiente de la naturaleza de cada elemento |                      |                 |                      |       |         |
| Microscopio óptico/ lupa | Variable y dependiente de la naturaleza de cada elemento |                      |                 |                      |       |         |

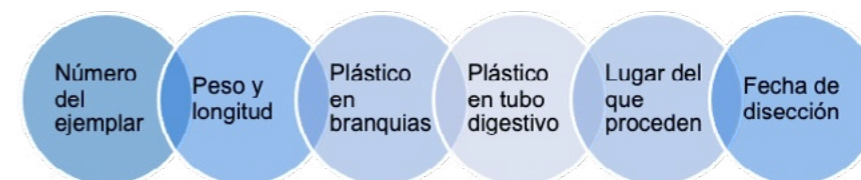


### 4.5. REGISTRO: DISPOSICIÓN DE DATOS

De manera simultánea se procedió a redactar y trasladar la información que se vio especialmente relevante a una hoja de registro (modelo incluido en los anexos), para así no perder ningún dato destacable en la investigación. Así pues, todas las reseñas relevantes que se han ido citando y explicando en los resultados se podrán consultar en dicha tabla, donde se muestran todas las características obtenidas o no de cada uno de los ejemplares de pescado. Para una visión más completa y general de los datos que se han considerado indispensables de tener en cuenta para esta investigación, se adjunta el siguiente esquema:

Figura 13.

Esquema general de las características tomadas en cuenta en el registro.



## 5. CONCLUSIONES

El **objetivo general** de esta investigación consiste en estudiar el nivel de contaminación por plásticos de los pescados que consumimos. Para ello utilizamos en la investigación la sardina común (*Sardina pilchardus*) obtenida mediante su compra en las pescaderías locales. Los resultados de este estudio han permitido demostrar dicha presencia teniendo en cuenta los siguientes objetivos específicos:

### 5.1. OBJETIVO: CONOCER QUÉ ELEMENTOS CONTAMINANTES OBTENEMOS AL EXAMINAR LOS APARATOS DIGESTIVOS Y RESPIRATORIOS DEL PESCADO

Para ello se decidió emplear dos métodos de análisis, primero se realizó una observación y rastreo superficial sobre los tubos digestivos diseccionados y branquias del pescado utilizando la lupa binocular; y, por otro lado, la observación de las muestras recogidas en los filtros obtenidas de los lavados de dichas estructuras del pescado, para realizar un muestreo posterior con mayor exactitud con ayuda de la lupa binocular y del microscopio. En cuanto a sus respectivas formas, se clasificaron en dos grupos, perteneciendo al grupo irregular aquellos microplásticos cuya forma no era simétrica entre sí, y formas de fibras. En relación a los colores obtuvimos fibras de tonos negros, azules, rojas y blancas, y 1 extremidad proveniente de un crustáceo de tono rojo.



## 5.2. OBJETIVO: MEDIR LA CONTAMINACIÓN ENCONTRADA DE PLÁSTICOS EN LA MUESTRA SELECCIONADA DE PESCADO

Tras el estudio de las muestras obtenidas en los dos tipos de análisis explicados anteriormente, se recogieron y analizaron las partículas y fibras encontradas; se cuantificaron y tomaron las características de estas, además se realizaron diversos experimentos con el fin de tener una certeza de que se trataba específicamente de un microplástico. Para ello se sometieron a un exhaustivo análisis, como flotabilidad, cambios de forma al someterlas al calor, rehidratación, etc.

## 5.3. OBJETIVO: OBTENER UNA VISIÓN APROXIMADA DE LA CORRELACIÓN DE PLÁSTICOS ENCONTRADOS CON RESPECTO A DISTINTOS FACTORES EXTERNOS

Tras realizar el análisis del conjunto de los microplásticos obtenidos, se procedió a catalogarlos con respecto a distintos factores que podrían corroborar ciertas hipótesis, y que están recogidas además en la tabla de registro de datos (anexo 2). Por lo que se verificó que aquellos ejemplares cuyo periodo y duración en el medio marino era más prolongado, y cuyo peso y longitud era mayor, tenían mayor preponderancia a ingerir a lo largo de su vida algún microplástico, pues la gran mayoría de ellos se encontraban en pescados de mayor edad, y en ejemplares con un tamaño mayor, predominan a confundir una partícula externa y contaminada del medio marino con los organismos o sustancias que están acostumbrados a consumir.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Castillejo Martínez, N. (2019). *Fuentes de microplásticos marinos en el entorno de Gandía*
- Greenpeace. (2015) ¿Cómo llega el plástico a los océanos y qué sucede entonces?
- LONDOÑO-FRANCO, L. F, LONDOÑO-MUÑOZ, P. T., & MUÑOZ-GARCÍA, F. G. (2016).  
Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153.
- Toledo Martínez, M. Á. (2019). Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro (nano) plásticos en el medioambiente y en la biota marina.

## 7. ANEXOS

### Anexos.

- Sup. izquierda:  
Filtrado número 17.  
Sup. derecha:  
Filtrado número 18.  
Inf. izquierda:  
Pescado número 20.  
Inf derecha:  
Filtrado número 27.





## Descubriendo nuevos antibióticos con el ordenador: canales transmembrana formados por ciclopéptidos

/ SEGUNDO PREMIO

**AUTORA** | SARA BARONA REGUEIRO

**COORDINADORA** | MARÍA ROSARIO GARCÍA-ECHAVE LÓPEZ

**CENTRO** | IES ROSALÍA DE CASTRO

**CIUDAD** | SANTIAGO DE COMPOSTELA, A CORUÑA

### RESUMEN |

Una alternativa a los péptidos antimicrobianos naturales (AMPs), para el desarrollo de nuevos antimicrobianos, puede ser la utilización de pequeñas moléculas de baja toxicidad con capacidad para autoensamblarse en la membrana celular, los llamados materiales inteligentes. La presencia de estas estructuras alteraría las propiedades de la membrana y causaría la muerte celular.

Entre los posibles materiales inteligentes que podrían utilizarse como alternativa a los AMPs naturales se encuentran los péptidos cíclicos (CPs), que podrían autoensamblarse en nanotubos (NT) peptídicos en las membranas.

En principio, las propiedades internas de los nanotubos formados por ciclopéptidos solo dependen de la naturaleza de los átomos que quedan orientados hacia el interior. Las cadenas laterales de los aminoácidos en estos diseños se disponen hacia el exterior, y estarían en contacto con los lípidos una vez estos nanotubos están insertados en la membrana lipídica.

Sin embargo, nos planteamos si sería posible que al mutar algún residuo de los ciclopéptidos (lo que solo cambiaría su cadena lateral y, por lo tanto, su exterior), se modificaran también las propiedades internas del canal. Por eso enunciamos la siguiente pregunta de investigación: ¿es posible que una mutación que modifica el exterior de un canal transmembrana afecte también a sus propiedades interiores? El proyecto intentará dar respuesta a esta pregunta utilizando herramientas de Química Computacional.



### ABSTRACT |

An alternative to natural antimicrobial peptides (AMPs), for the development of new antimicrobials, can be the use of small molecules of low toxicity with the capacity to self-assemble in the cell membrane, the so-called smart materials. The presence of these structures would alter the properties of the membrane and cause cell death.

Among the possible smart materials that could be used as an alternative to natural AMPs are cyclic peptides (CPs), which could self-assemble into peptide nanotubes (NT) in membranes.

The internal properties of nanotubes formed by cyclopeptides only depend on the nature of the atoms that remain oriented inwards. The side chains of the amino acids in these designs are outwards, and would be in contact with the lipids once these nanotubes are inserted into the lipid membrane.

However, we wondered if it would be possible that by mutating some residue of the cyclopeptides (which would only change its side chain and, therefore, its exterior), the internal properties of the channel would also be modified. That is why we state the following research question: is it possible that a mutation that modifies the exterior of a transmembrane channel also affects its interior properties? The project will try to answer this question using Computational Chemistry tools.



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

Las enfermedades infecciosas son la segunda causa de muerte en el mundo, provocando más fallecimientos anuales que el cáncer. Es por eso que los antimicrobianos se han convertido en una herramienta esencial para la medicina moderna.

Sin embargo, el abuso de dichos antibióticos ha provocado que muchos organismos se hayan vuelto resistentes a ellos y actualmente nos encontramos ante la posibilidad de un futuro sin medicamentos antimicrobianos eficaces.

Existe, por tanto, un reto de búsqueda de nuevos antibióticos que sean menos susceptibles a adquirir resistencia y, ante este desafío, se ha propuesto el desarrollo de los péptidos antimicrobianos naturales (AMPs) y la utilización de los llamados materiales inteligentes. En ambos casos, la alteración de las propiedades de la membrana provocaría la muerte de la bacteria.

### 1.2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Aunque la mayor parte de los antibióticos conocidos actúan sobre las proteínas celulares, en la actualidad se reconoce la importancia de la ciencia de la lipídica. Esta ciencia ha demostrado que los lípidos de la membrana pueden ser dianas nuevas para los antimicrobianos.

Los que van a actuar sobre la bicapa lipídica son los AMPs: pequeños péptidos catiónicos que interactúan con los fosfolípidos de la membrana con carga negativa. Los AMPs van a aumentar la permeabilidad de la membrana de la bacteria, bien porque forman un poro o porque rompen la bicapa lipídica, y provocarán la muerte celular. Atacarían a las membranas de bacterias, virus y células cancerosas, pero no a las de las células humanas sanas.

No obstante, una de las limitaciones encontradas en la utilización de estos AMPs naturales es su elevada toxicidad en un posible uso farmacológico. Una alternativa a los AMPs puede ser la utilización de pequeñas moléculas de baja toxicidad y con capacidad para autoensamblarse en la membrana celular: los materiales inteligentes. Entre los posibles materiales inteligentes se encuentran los péptidos cíclicos (CPs), que podrían autoensamblarse en las membranas en forma de nanotubo.

Los nanotubos fueron sintetizados por primera vez en 1993 y se formaron por ensamblaje de ciclopéptidos. Estos ciclopéptidos tenían un número par de  $\alpha$ -aminoácidos, alternando formas D y L. Este diseño presentaba grupos amino y carbonilo de los aminoácidos de distinta quiralidad orientados hacia caras opuestas del ciclopéptido, permitiendo que se formaran enlaces de hidrógeno entre ciclopéptidos vecinos.



Más adelante, se dedujo que el comportamiento del nanotubo depende de la disposición que adopte dentro de la membrana y que esto depende, a su vez, de la naturaleza de los aminoácidos que componen los ciclopéptidos: los que son de naturaleza anfipática adoptan posiciones paralelas a la membrana, mientras que los que tienen una superficie externa hidrofóbica adoptan posiciones perpendiculares, dando lugar a canales transmembrana. Entender el mecanismo de acción de estos materiales inteligentes ayudará al diseño de antimicrobianos alternativos a los antibióticos convencionales.

Para comprender en su totalidad los sistemas biológicos a nivel molecular se llevan a cabo técnicas de Dinámica Molecular (DM). Con ayuda del avance de la supercomputación, estas simulaciones permiten comprender cómo las biomoléculas interactúan y se transforman en la escala de microsegundos y con un grado de resolución que no se alcanza en las experiencias de laboratorio.

## 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Se estudiarán, utilizando simulaciones de Dinámica Molecular, dos nanotubos formados por ciclopéptidos, ambos formados por  $\alpha$ -aminoácidos de quiralidad alternante, uno L y otro D, cuyas cadenas laterales están dispuestas hacia el exterior del nanotubo. Uno de los nanotubos está formado únicamente por residuos de triptófano y el otro presenta una mutación de triptófano por glutamina en cada uno de los ciclopéptidos.

Cada uno de los nanotubos será simulado en una bicapa lipídica y la investigación nos permitirá comprobar si ambos nanotubos son estables y también si la disposición del agua dentro de los mismos experimenta alguna variación, para así dar respuesta a la pregunta inicial: ¿al mutar algún residuo de los ciclopéptidos (lo que cambiaría sus cadenas laterales que se disponen hacia el exterior), se modifican también las propiedades internas del canal? Los resultados podrían suponer una pequeña aportación para la posible utilización de estos sistemas en el diseño de nuevos antibióticos.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. INSTALACIÓN DE PROGRAMAS PARA TRABAJAR EN DINÁMICA MOLECULAR

- GROMACS (GRONingen MACHine for Chemical Simulations), un paquete informático para simular la dinámica molecular de sistemas con cientos de millones de partículas.
- FortiClient, un VPN o red privada virtual para mantener protegido nuestro equipo.
- MobaXterm, una terminal para Windows con comandos de Linux.



- VMD (Visual Molecular Dynamics), un programa de visualización molecular para mostrar, animar y analizar grandes sistemas biomoleculares utilizando gráficos 3D.

### 3.2. CONEXIÓN CON EL CESGA

Seguidamente nos conectamos al CESGA, el Centro Tecnológico de Supercomputación de Galicia.

Tuvimos acceso a él gracias a Rebeca García Fandiño, profesora del grupo de Química Supramolecular del CIQUS, y para conectarnos empleamos el Forti-Client, una red privada virtual, y el MobaXTerm, que nos permitía trabajar en la terminal Linux que se utiliza en el CESGA.

### 3.3. VISUALIZACIÓN MOLECULAR CON EL PROGRAMA VMD

Con el programa de visualización molecular VMD practicamos la visualización con un nanotubo que había sido sintetizado anteriormente.

### 3.4. TUTORIAL DE GROMACS

A continuación, para familiarizarnos con las simulaciones de Dinámica Molecular, realizamos un tutorial de GROMACS. En él se nos proponía una serie de pasos para crear un sistema que contenía una proteína (la lisozima) en una caja de agua con iones.

### 3.5. SIMULACIÓN DE DM DE LOS DOS NANOTUBOS DEL PROYECTO

Por último, se construyeron los nanotubos de este proyecto. Los datos para la construcción también nos fueron proporcionados por el grupo de Química Supramolecular del CIQUS.

Uno de los nanotubos se formó por el ensamblaje de 8 CPs iguales, formados por la unión de 8 residuos de triptófano, alternándose uno L y uno D.

El segundo nanotubo presentaba una mutación con respecto al primero, un residuo de triptófano de cada CP está sustituido por glutamina. Este residuo o aminoácido mutado ocupa la misma posición en todos los CPs.

Después de construir los nanotubos, se insertaron en una bicapa formada por fosfolípidos. El último paso fue definir la forma y las dimensiones de la caja y solvatar con agua, con lo que ya se podría realizar la simulación en el CESGA.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. ESTUDIO DE LA DM EN LA MEMBRANA DE LOS DOS NANOTUBOS CONSTRUIDOS

Una vez que termina la simulación, la visualizamos con el visualizador molecular VMD.

La diferencia que observamos entre ambos nanotubos es que el mutado presenta una posición ligeramente inclinada en la bicapa lipídica, mientras que el de solo triptófano muestra una posición vertical, es decir, más estable.

### 4.2. ESTUDIO DE LOS ENLACES DE HIDRÓGENO ENTRE LOS CICLOPÉPTIDOS

En las Gráficas 1 y 2 se observa la evolución de los enlaces de hidrógeno que se establecen entre los ciclopéptidos a lo largo de los 40 nanosegundos que dura la simulación.

En color rojo se muestran los enlaces de hidrógeno que se establecen entre los átomos del esqueleto de los CPs. En color negro aparecen los enlaces de hidrógeno entre los CPs, considerando todos los átomos, tanto los del esqueleto como los de las cadenas laterales.

En la parte de color negro hay una gran diferencia entre las dos gráficas, pues en el nanotubo mutado se establecen muchos más enlaces de hidrógeno que en el de solo triptófano. La causa es que entre las cadenas laterales de la glutamina se establecen más enlaces de hidrógeno que entre las de triptófano.

### 4.3. ESTUDIO DE LA DENSIDAD DEL AGUA DE LOS NANOTUBOS

Como últimos resultados, se hicieron mapas de densidad en dos dimensiones del agua del nanotubo.

En los mapas de densidad longitudinales se distinguen 7 zonas con más agua, que corresponden a las zonas de unión de los ciclopéptidos, alternadas con 8 zonas con menos agua, que corresponden al plano del ciclopéptido.

En el mapa longitudinal del nanotubo mutado se observa un patrón de densidad de agua bastante parecido al del nanotubo sin la mutación. Sin embargo, al estudiar el mapa desde la vista superior, vemos que el del nanotubo mutado presenta una asimetría que no caracteriza al del nanotubo sin la mutación: existe un cambio en la disposición interna de agua de ambos nanotubos.

### 4.4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN NANOTUBAR

Paralelamente al estudio de los dos nanotubos, desarrollamos para el proyec-

to una aplicación de realidad aumentada, llamada *NanoTubAR*, que visualiza diferentes nanotubos con una resolución atómica y que está disponible para su descarga en Internet.

## 5. CONCLUSIONES

La mutación de un resto de triptófano por glutamina en los ciclopeptidos que forman un nanotubo que se inserta en una membrana, afecta al interior del mismo. Es decir, las mutaciones de aminoácidos de un nanotubo peptídico, que solo provocan cambios de las cadenas laterales que están orientadas hacia el exterior, permaneciendo el interior del nanotubo intacto, pueden provocar un cambio de funcionalidad en el interior.

Este resultado es importante no sólo para el diseño de posibles antibióticos basados en este tipo de sistemas, sino también para extrapolarlo a los canales de las membranas biológicas de nuestras células. Una mutación en canales tan importantes como los de sodio, potasio, calcio etc., que no afecte directamente a la zona de paso de los iones, podría influir en el comportamiento del canal, tener efecto sobre el transporte y provocar alteraciones o enfermedades.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer al grupo de Química Supramolecular del CIQUS (Centro Singular de Investigación en Química Biolóxica e Materiais Moleculares) y, en especial, a Rebeca García Fandiño por permitirnos el acceso al CESGA y guiarnos en el aprendizaje de la Química Computacional.

También me gustaría hacer un agradecimiento especial a mi profesora de Biología en el Instituto Rosalía de Castro, M<sup>a</sup> Rosario García-Echave López. Ella ha supervisado la redacción de esta memoria y me ha aconsejado y apoyado durante todo el proceso.

## ANEXOS

Imagen 01.

Acción de los péptidos sobre una membrana sana y una patógena.

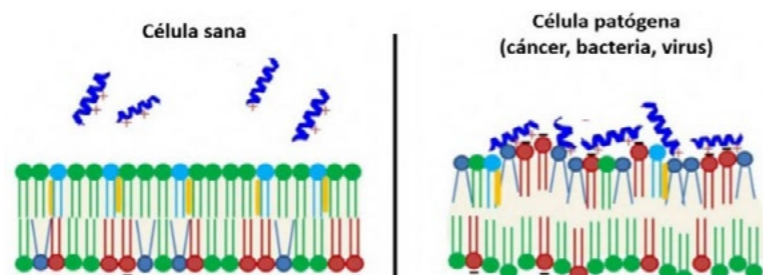
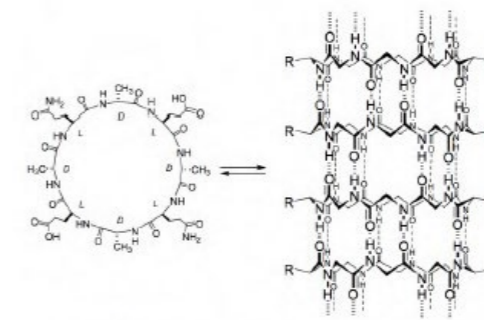


Imagen 02.

Representación esquemática de los D, L- $\alpha$ -CPs sintetizados por Ghadiri en 1993.



Ghadiri, M. R. et al. *Nature* 1993, 369, 301-304

Imagen 03.

Representación de la disposición adoptada por los CPs en función de la naturaleza de los aminoácidos que lo componen.

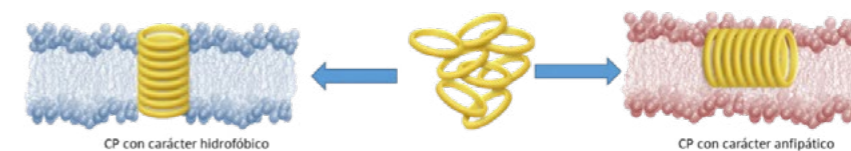


Imagen 04 y 05.

Vista lateral y superior del nanotubo incluido en una bicapa lipídica de la que se ven las cabezas polares (en verde) y las colas (en azul) de los ácidos grasos.

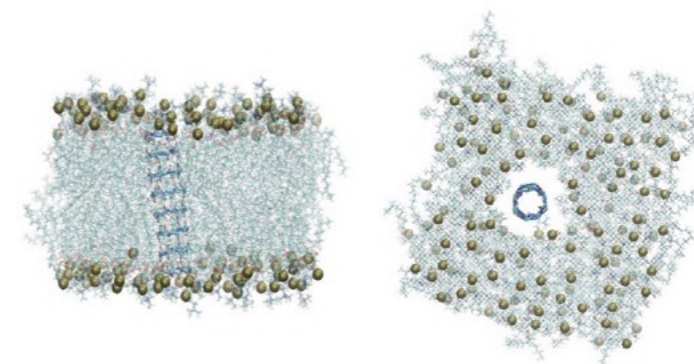


Imagen 06.

Vista lateral del nanotubo, que se incluye, primero, en una bicapa lipídica y, después, en una caja de simulación solvatada.

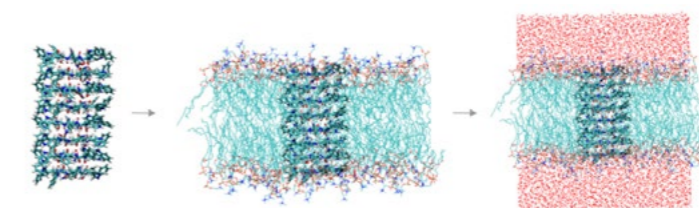




Imagen 07.

Visión lateral del nanotubo formado únicamente por ciclopeptidos de triptófano.

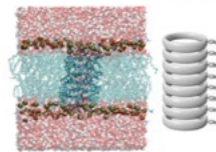
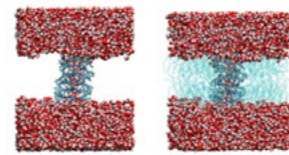
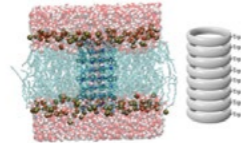
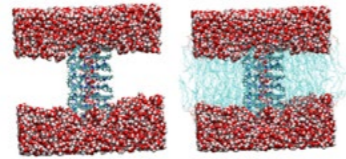


Imagen 08.

Visión lateral del nanotubo con la mutación de triptófano por glutamina en cada ciclopeptido.

Imagen 09 y 10.

Gráficas de la evolución de los enlaces de hidrógeno que se establecen entre los ciclopeptidos.

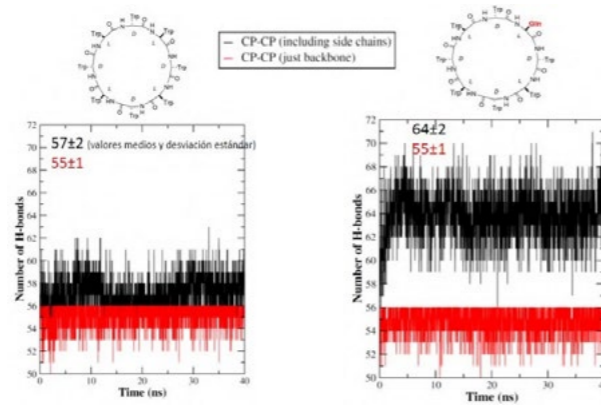


Imagen 11.

Detalle del nanotubo mutado, en el que se aprecian los enlaces de hidrógeno que se establecen entre las

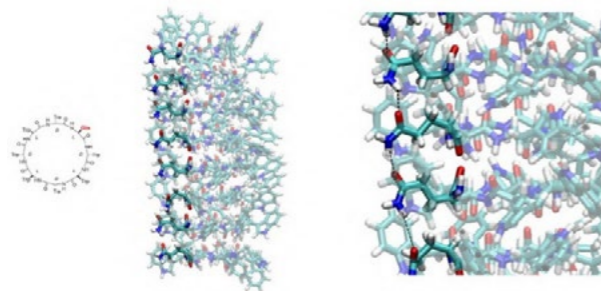


Imagen 12.

Mapas de densidad de agua, longitudinal y superior, del nanotubo no mutado.

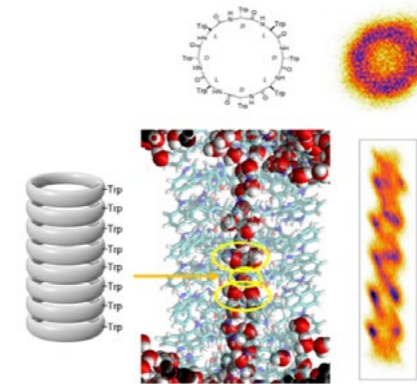
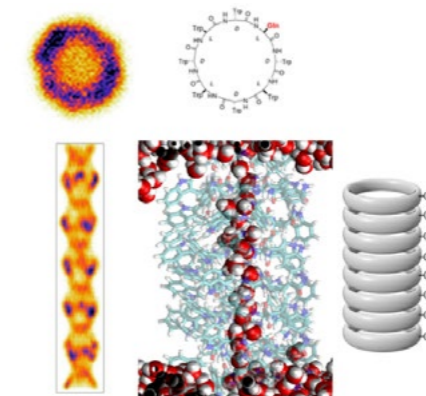


Imagen 13.

Mapas de densidad de agua, longitudinal y superior, del nanotubo mutado.





## BIBLIOGRAFÍA

- Bush, K., Courvalin, P., Dantas, G., Davies, J., Eisenstein, B., Huovinen, P., ... & Zgurskaya, H. I. (2011). Tackling antibiotic resistance. *Nature Reviews Microbiology*, 9(12), 894-896.
- Chamchod, F., & Ruan, S. (2012). Modeling methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in hospitals: transmission dynamics, antibiotic usage and its history. *Theoretical Biology and Medical Modelling*, 9(1), 1-14.
- De La Rubia, T. D. (2009). *Scientific modeling and simulations*. S. Yip (Ed.). Berlin: Springer.
- De Santis, P., Morosetti, S., & Rizzo, R. (1974). Conformational analysis of regular enantiomeric sequences. *Macromolecules*, 7(1), 52-58.
- “Emerging Infectious Diseases”. Baylor College of Medicine. <https://www.bcm.edu/departments/molecular-virology-and-microbiology/emerging-infections-and-biodefense/emerging-infectious-diseases> [Consulta: 10-01-2021]
- Fernández, L., & Hancock, R. E. (2012). Adaptive and mutational resistance: role of porins and efflux pumps in drug resistance. *Clinical microbiology reviews*, 25(4), 661-681.
- Ghadiri, M. R., Granja, J. R., & Buehler, L. K. (1994). Artificial transmembrane ion channels from self-assembling peptide nanotubes. *Nature*, 369(6478), 301-304.
- Ghadiri, M. R., Granja, J. R., Milligan, R. A., McRee, D. E., & Khazanovich, N. (1993). Self-assembling organic nanotubes based on a cyclic peptide architecture. *Nature*, 366(6453), 324-327.
- Granja, J. R., & Ghadiri, M. R. (1994). Channel-mediated transport of glucose across lipid bilayers. *Journal of the American Chemical Society*, 116(23), 10785-10786.
- Lemkul, Justin A. “Lysozyme in water. GROMACS tutorial”. MD Tutorials. <http://www.mdtutorials.com/gmx/lysozyme/index.html> [Consulta: 05-11-2020]
- Martí, V. H., Sánchez, E. R., Lletí, M. S., Ribelles, V. B., & Andrés, J. P. (2007). Daptomicina: revitalizando un antiguo fármaco ante la necesidad de nuevos agentes activos frente a bacterias grampositivas multirresistentes. *Rev Esp Quimioterap*, 20(3), 261-276.
- Mukherjee, S., Kar, R. K., & Bhunia, A. (2020). Characterization of Antimicrobial Peptide–Membrane Interaction Using All-Atom Molecular Dynamic Simulation. In *Immunity in Insects* (pp. 163-176). Humana, New York, NY.
- Protein Data Bank. <https://www.rcsb.org/> [Consulta: 20-10-2020].
- Raghuraman, H., & Chattopadhyay, A. (2007). Melittin: a membrane-active peptide with diverse functions. *Bioscience reports*, 27(4-5), 189-223.



## Células de electrólisis microbiana y su potencial uso en la generación de hidrógeno

/ TERCER PREMIO

**AUTOR** | JUAN DE MARCO GIMÉNEZ AYUSTE

**COORDINADORA** | JULIA ROMERO ORTOLÀ

**CENTRO** | IES EL CLOT

**CIUDAD** | VALENCIA

### RESUMEN |

El hidrógeno está considerado como una de las formas de energías del futuro, debido a su elevada disponibilidad natural en nuestro planeta y a la sostenibilidad en su proceso de producción. Entre sus formas de producción, se encuentran los métodos biológicos, o en otras palabras, la capacidad de obtener el mismo como producto del metabolismo de algunos microorganismos como bacterias y algas. Así pues, empleando sistemas bioelectroquímicos, tales como las células de electrólisis microbianas (MECs), es posible producir hidrógeno a partir de microorganismos empleando un pequeño voltaje eléctrico, gracias a la maquinaria enzimática de los primeros. Si además estos microorganismos proceden de espacios medioambientales con necesidades ecológicas tales como la depuración o la fitorremediación, la producción de dicho gas adquiere un valor añadido. De esta manera, es posible demostrar el uso de organismos vivos en la investigación de nuevas formas de energía respetuosas con el medioambiente que contribuyan a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible que nos planteamos como humanidad.



### ABSTRACT |

Hydrogen is currently considered as a future energy due to its highly natural availability on our planet and its sustainability in the production process. Among the different ways to produce it there are biological methods, in other words, there is the possibility to obtain hydrogen as a product of metabolic routes from some specific microorganisms. Therefore, by means of bioelectrochemical systems such as microbial electronic cells (MECs) it is possible to generate hydrogen taking advantage of some microorganisms metabolism by means of applying a very low electrical voltage thanks to their enzymes. Additionally, if these microorganisms come from natural spaces that need depuration or phytoremediation this gas production is even more valuable. In this way, the present work aims to demonstrate the use of microorganisms for generating new energy methodologies that respect the environment and help to reach the sustainable development goals.



## 1. INTRODUCCIÓN

En 2003, el premio nobel Richard Smalley dijo que la energía es el único y más crítico desafío al que la humanidad se enfrenta. Y es que, uno de los retos más grandes que presentamos como sociedad industrializada y en continuo crecimiento es el de poder encontrar formas de energía respetuosas con el medio ambiente. La energía es crucial para el desarrollo y la supervivencia de los seres humanos, y juega un papel fundamental en el desarrollo económico y en el bienestar humano. Por este motivo, se considera una lanzadera para conseguir algunos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, también llamados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) tales como la erradicación de la pobreza, y las ciudades y comunidades sostenibles (ver figura 1).

Actualmente, un 86% de la energía producida es en base a combustibles fósiles (1), entre otras cosas, por su bajo coste de producción y su alta eficiencia, pero encontrar otras vías de abastecimiento es fundamental para frenar el cambio climático y poder vivir de forma sostenible, ya que se trata de energías no renovables. En los últimos años, se ha abierto un nuevo abanico de posibilidades en cuanto a nuevas energías verdes, entre ellas, se encuentra el hidrógeno molecular ( $H_2$ ). No obstante, el hidrógeno en su fórmula molecular  $H_2$  no existe como tal en la naturaleza sino que se encuentra formando compuestos llamados hidruros, con cargas negativas o aniónicas ( $H^-$ ). Existen diferentes metodologías de producción de  $H_2$ , como la **electrólisis del agua**, la cual consiste en dividir la molécula en sus compuestos elementales que la conforman. Pero, esta forma de producción presenta varios problemas tales como el aporte eléctrico elevado necesario para generarlo, o la gestión y almacenamiento del  $H_2$  resultante, pues el hidrógeno es un compuesto que se fuga con facilidad incluso de los materiales metálicos (2, 3). Así pues, el  $H_2$ , debe ser generado y consumido en el mismo sitio, y por tanto, sus aplicaciones quedan limitadas.

Desde hace más de 30 años, coincidiendo con la crisis del petróleo de 1970, se conoce otra metodología de producción de este compuesto: la **producción de hidrógeno a partir de procesos biológicos**, que si bien constituye una forma de producción basada en la biomasa, presenta algunas peculiaridades: el  $H_2$  en este caso, constituye el último eslabón en una cadena de reutilización de compuestos, y por tanto, se genera de forma sostenible. Así pues, constituye una de las técnicas más prometedoras dada la enorme variedad de compuestos orgánicos y su disponibilidad ambiental.

Hoy en día, existen métodos biotecnológicos que permiten obtener rendimiento de los fenómenos metabólicos anteriores. Son los llamados *Bioelectrochemical Systems* (BBs) o Sistemas Bioelectroquímicos. De manera general, estos sistemas involucran una corriente farádica como resultado de reacciones electroquímicas que son mediadas por microorganismos (4) y a partir de las cuales se puede obtener beneficios de diferente índole. Cuando el agua es la mediadora de la producción de hidrógeno, hablamos de **bioelectrolisis del agua** y pro-



ducción biológica de hidrógeno o **producción de biohidrógeno**. El BBs utilizado para poder llevar a cabo esta tecnología, son las llamadas **celdas de electrólisis microbianas** o **microbial electronic cells (MECs)**, una tecnología relativamente nueva, que requiere un aporte mínimo eléctrico para obtener beneficios del rendimiento metabólico de los microorganismos. En una MEC, al descomponer el agua en sus elementos, podemos obtener  $H_2$  si se proporciona a los microorganismos un sustrato rico en nutrientes como glucosa, celulosa o ácido acético. Los microorganismos propician la separación de las moléculas de agua mediante reacciones de reducción y oxidación que forman parte de su metabolismo y las cuales tienen lugar a partir de su maquinaria enzimática específica. Así pues, para su funcionamiento, en el ánodo se produce de manera general la siguiente reacción:  $C_2H_4O_2 + 2H_2O \rightarrow 2CO_2 + 8e^- + 8H^+$  (reacciones relacionadas con el metabolismo microbiano), mientras que en el cátodo, donde se introduce agua, se produce la siguiente reacción general:  $8H^+ + 8e^- \rightarrow 4H_2$ .

## 2. ANTECEDENTES

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, son varios los trabajos que involucran el uso de células de electrólisis microbiana para la producción de hidrógeno. Algunos trabajos se centran en el diseño de dicha tecnología para su máxima eficiencia (1), otros en cambio, ponen énfasis en el estudio de las diferentes vías metabólicas de las bacterias productoras de hidrógeno (6, 7). Otros trabajos analizan si comunidades bacterianas mixtas son más eficientes que una sola especie a la hora de producción de hidrógeno. Así pues, existen también trabajos que se centran en el aprovechamiento de residuos tales como compost o aguas procedentes de depuradoras para producir biohidrógeno.

Por otro lado se sabe que el Parque Natural de l'Albufera, uno de los parajes de mayor riqueza biológica de la Comunidad Valenciana, hace años que se encuentra contaminado. Su cercanía a la metrópolis de la ciudad de Valencia, la industrialización cercana, la intensificación de la agricultura y la construcción masiva, han provocado que sus aguas y suelos presenten en muchos de los enclaves, necesidad de fitorremediación (5). Este hecho, aparte de poner en manifiesto la necesidad de conservar el valor ecológico del parque natural, conlleva también pérdidas económicas pues l'Albufera constituye también el mayor campo de arrozales de la comunidad.

## 3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

A partir de la contextualización anterior, partimos de la hipótesis de trabajo de que se puede generar hidrógeno a pequeña escala, a partir del metabolismo de microorganismos, gracias a la utilización de las células de electrólisis microbianas. Así pues, en el presente trabajo se establecen los siguientes objetivos:

1. Realizar el montaje experimental de una célula de electrólisis microbiana de dos cámaras.



2. Demostrar que los microorganismos pueden producir hidrógeno como producto de su metabolismo

3. Utilizar una célula de electrólisis microbiana de dos cámaras para producir hidrógeno a pequeña escala

4. Concienciar de la importancia de la investigación y utilización de formas de energía sostenibles que sustituyan a los carburantes fósiles y ayuden a frenar el cambio climático.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 MONTAJE EXPERIMENTAL DE LA CÉLULA DE ELECTRÓLISIS MICROBIANA

La célula de electrólisis microbiana fue montada de acuerdo al protocolo experimental de Hassan, Sotres, San Martín, Xie y Moran (6). Se trata de un MEC constituido por dos cámaras de flujo continuo hechas de policarbonato, que constituyen la cámara anódica y la cámara catódica, respectivamente. Ambas cámaras presentan un volumen de 100 mL. (Ver figura 2)

### 4.2 - PRODUCCIÓN DE ELECTROLISIS NORMAL DEL AGUA

Para la electrólisis normal del agua, se utilizó la MEC montada de acuerdo al punto 5.1 de este documento salvo que se le retiró la membrana porosa de intercambio catiónico. A continuación se llenó la celda de una disolución de agua con HCl actuando el último, como electrolito, tras esto se conectó a una fuente de alimentación MOD SF2.2 de 2A la cual operó entre 6-9 V. Para cuantificar el volumen de gas producido se empleó el método del tubo de ensayo invertido. Para ello se insertó un tubo de plástico en la cámara catódica de la MEC, y se selló posteriormente con teflón para evitar posibles fugas de gas. El tubo se dispuso en un tubo de ensayo invertido, que previamente fue llenado con agua hasta su capacidad volumétrica límite. El tubo se sostuvo con un soporte universal y se insertó en un matraz circular repleto de agua, de manera que se aseguró la imposibilidad de que entrasen gases u otros componentes exteriores al constructo. (Ver imágenes 1 y 2)

### 4.3 - PRODUCCIÓN DE GAS EN UNA CÉLULA DE ELECTRÓLISIS MICROBIANA A PARTIR DE BACTERIAS COLIFORMES

Se inoculó en el ánodo del MEC un volumen de 50 mL de cultivo de *Escherichia coli* crecido previamente en caldo de lisogenia (medio LB) durante 48h en una estufa de cultivo a 37°C. Se consideró, de acuerdo a la literatura preexistente, que en este tiempo, la concentración de la comunidad bacteriana se situaría en torno a las 10<sup>9</sup> células por mL. Una vez transcurrido el tiempo de incubación del cultivo, se comprobó mediante indicador universal de pH que la muestra presentaba un pH alrededor de 7-7,5, el cual se considera óptimo para el crecimiento de la especie y para la realización del experimento. En la parte catódica



de la MEC se colocaron 50 mL de agua. La MEC se conectó a una corriente de flujo continua de 0,5 V gracias a un hilo de titanio en la parte anódica, y otro hilo de titanio de la parte catódica.

### 4.4 - PRODUCCIÓN DE GAS EN UNA CÉLULA DE ELECTRÓLISIS MICROBIANA A PARTIR DE MUESTRAS DE L'ALBUFERA

Se tomaron muestras de agua y lodos de campos de arrozales de la localidad de El Palmar (Valencia), situada dentro del Parc Natural de l'Albufera. Se consideró que estas muestras podrían ser ricas en especies productoras de nitrógeno, dado que los arrozales tienen capacidad fijadora de nitrógeno. Así pues, se tomaron muestras de aguas estancadas y también de lodos. En las primeras se esperaba obtener comunidades bacterianas o de algas fotosintéticas. Entre las segundas, se esperaba encontrar especies metanógenas o capaces de producir hidrógeno en condiciones anaeróbicas. A dichas muestras se les adicionó previamente a su inoculación en las MEC, 10 mL de ácido acético como sustrato metabólico para favorecer su crecimiento como comunidad microbiana, cada dos días durante diez días.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 - ELECTROLISIS NORMAL DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE CÉLULAS DE ELECTRÓLISIS MICROBIANA

Para comprobar el correcto funcionamiento de la MEC tras su montaje experimental se llevó a cabo electrolisis normal del agua. Este proceso consiste en descomponer la molécula del agua (H<sub>2</sub>O) en sus dos elementos: hidrógeno y oxígeno. La electrólisis normal de agua, no requiere de ningún BBs para su realización, puesto que solamente es necesario aplicar corriente eléctrica a un volumen de agua. No obstante, realizar la experiencia permitió verificar el correcto montaje experimental del MEC, y confirmar que en dicha construcción, no existió fuga de gas o líquido. En la imagen de más abajo (imagen 6), se puede apreciar la determinación cualitativa de la producción de H<sub>2</sub> en la electrólisis de agua mediante el burbujeo en la cámara catódica (figura A), que indica la descomposición de la molécula de agua, y a través del método del tubo de ensayo invertido (figura B), el cual permite medir volumétricamente la producción de gas al disminuir paulatinamente un volumen de agua inicialmente inoculado.

### 5.2 - A PARTIR DE UN CULTIVO PURO ESCHERICHIA COLI

Se introdujo en la MEC un cultivo puro de *E.coli* de 25 mL, a una concentración inicial de 10<sup>9</sup> células/mL con el objetivo de observar la posible producción de hidrógeno por parte de esta especie. Se sabe, por estudios realizados previamente, que esta especie es una potencial candidata a la producción de hidrógeno a través de vías fermentativas tal y como muestra la literatura preexistente. Además, la especie, es una de las principales que se pueden encontrar en las



aguas residuales, junto con otras bacterias coliformes. Estudios previos como el de Escapa, Lobato, García y Morán o López (6, 7) verifican la capacidad de *E.coli* de producir hidrógeno.

Así pues, a la MEC se aplicaron inicialmente 0,2 V, pero al no observar tras dos días transcurridos ningún tipo de producción de gas, se subió el voltaje hasta 0,5 V. Diferentes estudios consultados muestran una viabilidad del proceso entre este rango de valores.

Tras comprobar el paso de corriente constante (alrededor de 5  $\mu$ A), se cuantificó volumétricamente mediante el método del tubo de ensayo invertido la producción de gas, durante 7 días, tomándose muestras cada día. Este método se basa en el concepto de tiempo de retención hidráulica, es decir, el tiempo en el cual una unidad de fluido permanece en un recipiente. En la figura 3 se muestra la producción volumétrica de gas a lo largo de un transcurso de 7 días (entre 20 y 15,5 mL producidos cada día). Del total de la muestra, presuponemos que una pequeña cantidad correspondería al hidrógeno, puesto que sabemos, de acuerdo a la literatura existente, que en cultivos puros de *E.coli* se producen cantidades equitativas de dióxido de carbono e hidrógeno. Por tanto, futuras perspectivas respecto a estos resultados serían tratar de identificar los gases contenidos, mediante cromatografía de gases u otros métodos basados en las diferencias de densidad de los mismos. No obstante, no disponíamos de los recursos necesarios para ello durante la realización de este trabajo en un laboratorio escolar.

### 5.3 - A PARTIR DE AGUAS Y LODOS DE L'ALBUFERA

Tal y como muestran otros estudios, es posible producir hidrógeno mediante el uso de MECs a partir de microorganismos planctónicos, y especialmente, a partir de microorganismos que residen en aguas residuales. Estudios recientes demuestran de hecho, que cultivos mixtos de microalgas y bacterias, aumentan el potencial de producción de hidrógeno (9). En el presente trabajo, se inocularon muestras procedentes de aguas de l'Albufera de Valencia (50 mL), con el objetivo de descubrir si en ellas existían posibles microorganismos productores de hidrógeno ya se trataría de cultivos mixtos, donde potencialmente podrían residir especies bioexogénicas productoras de hidrógeno.

Otro motivo por el cual se utilizaron estas aguas responde a la necesidad de l'Albufera, en varios de sus espacios, de fitorremediación de las aguas. Se pensó pues, que si se conseguía la producción de dicho elemento a partir de las aguas con dicha necesidad, podría constituir un valor añadido a este paraje natural y a la realización de este proyecto. Se siguieron dos estrategias para llevar a cabo la experiencia. La primera se basó en inocular aguas procedentes de arrozales, ya que como muestran Vidal *et al.* (10), en estas es posible encontrar algas cianofíceas y otros microorganismos capaces de fijar nitrógeno, y tal y como señalan otros estudios, la nitrogenasa, enzima responsable de la



fijación de nitrógeno, y candidata a la producción de  $H_2$ , se encuentra en estos microorganismos (5).

Al diseño experimental se aplicaron 0,2 V, y se comprobó con un amperímetro el paso continuo de corriente. Durante 15 días se observó mediante el ensayo del tubo invertido la posible producción de gases, proporcionando cada dos días nuevo sustrato a la comunidad microbiana (acetato). No obstante, los resultados fueron negativos. En ningún caso se pudo observar la producción de gases, y por tanto, tampoco la producción de hidrógeno. Tal y como muestran diferentes estudios, el tiempo, el pH, y también la cantidad de microorganismos inicial utilizados en la muestra, son determinantes. Creemos por tanto, que el último de estos parámetros podría estar relacionado con el resultado negativo.

La segunda de las estrategias que se persiguió, fue utilizar un inóculo de lodos procedente del mismo lugar de muestreo que las aguas (aguas de arrozal). Se sabe, que los microorganismos que habitan en lodos anóxicos tienen maquinaria enzimática capaz de producir hidrógeno a través de vías fermentativas, de hecho, se sabe con veracidad, que en los lodos habitan numerosas especies anaerobias facultativas y sobre todo, especies anaerobias estrictas. Se mantuvo en funcionamiento la MEC durante 7 días, al igual que en la estrategia anterior siendo la producción de gas mayor que en las anteriores tal y como muestra la figura 4. Además, a diferencia de en las experiencias con cultivos puros de *E.coli* se pudo observar un burbujeo en la cámara catódica de la MEC que correspondería con la producción de protones por parte de la comunidad bacteriana. De la misma manera, también se pudo observar que el paso de corriente era muy superior al del inóculo de *E.coli*, siendo este de 150  $\mu$ A, frente a los 0,2  $\mu$ A del cultivo de *E.coli*, este hecho podría indicar que las especies presentes en los lodos tienen una capacidad superior electrogénica, es decir, de transferencia de electrones, y que en ellas podrían encontrarse microorganismos con un elevado potencial de producción de hidrógeno puesto que la MEC construida es de pequeño tamaño, y puesto que tal y como vemos en la figura 5, la capacidad volumétrica del tubo de ensayo se alcanzó al día 5, frente a la incapacidad de alcanzarla de los cultivos puros de *E.coli*. Además, el hecho de que exista una membrana selectiva entre el ánodo y el cátodo de la MEC de dos cámaras, y que esta solamente deje pasar sustancias de bajo peso molecular, junto al burbujeo en la malla de platino del cátodo, previamente llenado con agua, conlleva a pensar, que se está produciendo  $H_2$ . De nuevo, serían necesarios estudios específicos que permitiesen determinar cuantitativamente y con veracidad los gases que se producen en el tubo de ensayo. Además, en esta estrategia, resultaría de notorio interés identificar las especies presentes en el lodo, puesto que podrían contribuir a futuros estudios más específicos y a mayor escala.

## 6. CONCLUSIÓN

En este trabajo se ha realizado el montaje experimental de una célula de electrólisis microbiana de dos cámaras y se ha puesto en funcionamiento utilizando



diferentes estrategias. Por un lado se ha comprobado el correcto funcionamiento del constructo empleando la electrólisis normal del agua. A partir de ello se ha procedido a hacer un uso experimental y novedoso de la MEC a pequeña escala, utilizando aguas y lodos de arrozal de l'Albufera de Valencia. Este espacio presenta enclaves con necesidad de fitorremediación, que en términos ecológicos, son equivalentes a la necesidad de depuración de aguas de uso doméstico, en las cuales ya existen diferentes trabajos. No obstante, en ningún caso, hemos podido encontrar trabajos preexistentes en referencia a la producción de biohidrógeno aprovechando el valor ecológico de los parques naturales, ni tratando de contrarrestar los problemas ambientales de los mismos.

Así pues, aunque el presente trabajo no deje de ser una pincelada a posibles investigaciones futuras que determinen con más precisión los resultados obtenidos, aporta resultados novedosos que permiten el aprovechamiento de recursos naturales para alcanzar metas totalmente necesarias como es el uso de nuevas formas de energía para frenar el cambio climático y vivir de manera sostenible. Este es un trabajo, que demuestra, una vez más, la importancia de la microbiología en diferentes aspectos, y es que, como dijo Louis Pasteur “El papel de lo infinitamente pequeño es infinitamente grande en la naturaleza”.

## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Kadier, A., Simayi, Y., Abdeshahian, P., Azman, N. F., Chandrasekhar, K., & Kalil, M. S. (2016). A comprehensive review of microbial electrolysis cells (MEC) reactor designs and configurations for sustainable hydrogen gas production. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 427-443.
- Ursua, A., Gandia, L. M., y Sanchis, P. (2011). Hydrogen production from water electrolysis: current status and future trends. *Proceedings of the IEEE*, 100(2), 410-426.
- Pareek, A., Dom, R., Gupta, J., Chandran, J., Adepv, V., y Borse, P. H. (2020). Insights into renewable hydrogen energy: Recent advances and prospects. *Materials Science for Energy Technologies*, 3, 319-327
- Santoro, C., Arbizzani, C., Erable, B., y Ieropoulos, I. (2017). Microbial fuel cells: From fundamentals to applications. A review. *Journal of power sources*, 356, 225-244.
- L'Albufera de Valencia. Problemas ambientales. [Citado 20 de septiembre de 2021]. Recuperado a partir de: <http://albufera.valencia.es/es/con%C3%B3cela/problemas-ambientales>
- Hassan, M., Fernandez, A. S., San Martin, I., Xie, B., y Moran, A. (2018). Hydrogen evolution in microbial electrolysis cells treating landfill leachate: Dynamics of anodic biofilm. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(29), 13051-13063.
- López, J.P. 2011. Microbiología de la producción de hidrógeno. Rev. Eureka



Enseñ. Divul. Cien. 8 (2), 201-204, y de López, J.P. 2011b. Microbiología de la producción de hidrógeno. Un estudio sencillo en el laboratorio de educación secundaria. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*. 68, 109-112

Waks Z. y P.A. Silver. 2009. Engineering a synthetic dual organism system for hydrogen production. *Appl. Environ. Microbiol.* 75 (7): 1867-1875.

Fakhimi, N., Dubini, A., Tavakoli, O., y González-Ballester, D. (2019). Acetic acid is key for synergetic hydrogen production in *Chlamydomonas*-bacteria co-cultures. *Bioresource technology*, 289, 121648.

Vidal, V., Jara, M. J., Hernández Mariné, M., Martínez Germes, M. P., y Hernández, E. (1982). Fijación de nitrógeno por algas cianofíceas en los arrozales de la Albufera de Valencia. *Collectanea Botanica*, 1982, vol. 13, num. 2, p. 997-1008.

ANEXO

Figura 01.

Objetivos de desarrollo del milenio (ODM) u Objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Fuente: ISGLOBAL Barcelona.



Figura 02 Derecha.

Esquema de una celda de electrólisis microbiana monocameral. (<https://sites.psu.edu/microbialfuelcells/mecs/>)

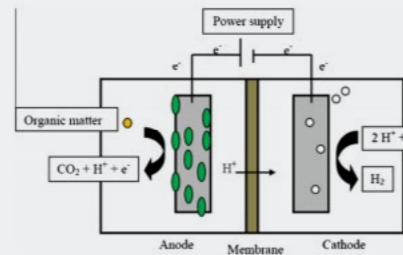


Imagen 01 y 02.

Recogida de gases a partir del método del ensayo invertido (Derecha). Identificación de la producción de electrólisis normal de agua mediante el burbujeo en la cámara catódica. (Izquierda).



Figura 05.

Producción volumétrica de gases a través del uso de MECs, utilizando diferentes estrategias. La producción de gases es mayor al utilizar comunidades mixtas microbianas procedentes de lodos.

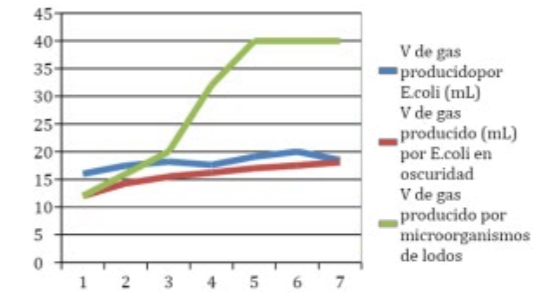


Figura 03.

Volumen de gases (mL) producidos durante 7 días de funcionamiento continuo de la MEC. El eje de las X indica días. El eje de las Y indica mL producidos.

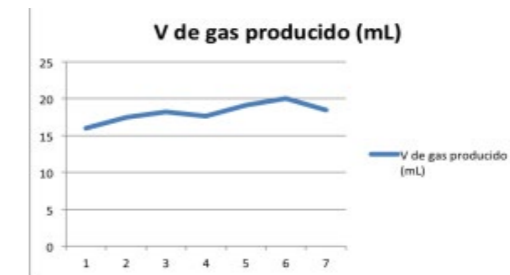
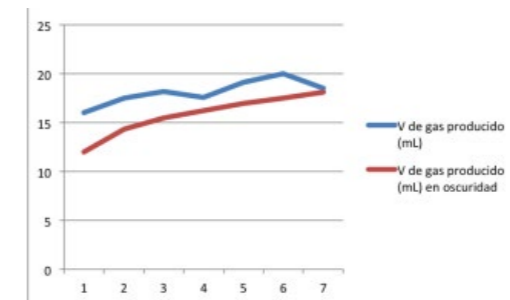


Figura 04.

Volumen de gases producidos durante 7 días de funcionamiento continuo de la MEC. La línea roja indica la producción de gas en condiciones de oscuridad. La línea azul indica la producción de gas en condiciones lumínicas.







## Presencia de bacterias en zonas inertes del IES Fidiana

/ ACCÉSIT

**AUTORA** | ANTONIETA VICTORIA RODRÍGUEZ RÍOS

**COORDINADORA** | ELENA LEÓN RODRÍGUEZ

**CENTRO** | IES FIDIANA

**CIUDAD** | CÖRDOBA

### RESUMEN |

Este trabajo se ha hecho con el fin de demostrar la gran cantidad de microorganismos (bacterias), presentes en el medio que nos rodea y cómo evolucionan en una jornada escolar. Por ello, se ha realizado un estudio de las colonias bacterianas en distintas zonas inertes del IES Fidiana. Se ha estudiado el número de colonias bacterianas crecidas en dos tipos de medios diferentes, un medio casero realizado con extracto de carne y un medio L.B, medio rico Luria-Bertani. Las zonas estudiadas fueron la manilla de la puerta principal de IES Fidiana, la barandilla de la escalera y el baño del alumnado. Las muestras se tomaron a 3 horas diferentes: 8:30 am, 12:00 am y 3:00 pm. Este trabajo ha revelado que los puntos críticos de contaminación bacteriana en el IES Fidiana son la puerta de entrada al centro a primera hora, 8:30 am, y la barandilla de las escaleras y los baños a las horas centrales del día (11:30 am-12:00 pm). Los niveles de contaminación bacteriana en las escaleras son mayores que en el baño. La limpieza realizada en el centro durante el segundo tramo de la mañana ha resultado ser efectiva. Por otro lado, se ha observado que el medio casero favorece el crecimiento de mayor diversidad de géneros y especies de bacterias. Debido a los resultados obtenidos, es importante tener en cuenta la presencia de los microorganismos en zonas inertes para tomar una serie de medidas de higiene para evitar los contactos directos con enfermedades contagiosas.

**Palabras clave:** Bacteria, medio de cultivo, zonas inertes, contaminación microbiana.



### ABSTRACT |

This work has been done in order to demonstrate the large number of microorganisms (bacteria) present in the environment around us and how it evolves in a school day. Therefore, a study of bacterial colonies in different inert areas of the IES Fidiana has been carried out. We studied the number of bacterial colonies grown in two different types of media, a homemade medium made with meat extract and a L.B. medium, Luria-Bertani rich medium. The areas studied were the handle of the main door of IES Fidiana, the staircase handrail and the students' bathroom. The samples were taken at 3 different times: 8:30 am, 12:00 am and 3:00 pm. This work has revealed that the critical points of bacterial contamination in the IES Fidiana are the entrance door to the center at the first hour, 8:30 am, and the stair railing and the bathrooms at the central hours of the day (11:30 am-12:00 pm). Bacterial contamination levels in the stairwells are higher than the restroom. The cleaning performed in the center during the second part of the morning has proven to be effective. On the other hand, it has been observed that the home environment favors the growth of a greater diversity of bacterial genera and species. Due to the results obtained, it is important to take into account the presence of microorganisms in inert areas in order to take a series of hygienic measures to avoid direct contact with contagious diseases.

**Keywords:** Bacteria, culture medium, inert areas, microbial contamination.



## 1. INTRODUCCIÓN

La microbiología es la ciencia encargada del estudio y análisis de los microorganismos (seres vivos diminutos no visibles al ojo humano) también conocidos como microbios. Estos microorganismos se encuentran en el medio e incluso en nuestro organismo.

Estos microorganismos suelen desarrollarse en muchas zonas y superficies del medio que nos rodea, estos no son invisibles al ojo humano, pero si es posible observarlos mediante el microscopio, por lo que la mayoría de las personas no son conscientes de la existencia de la gran cantidad de bacterias presentes en las superficies comunes.

Por tanto, las diferentes zonas del IES Fidiana se encontrarán contaminadas con bacterias comunes del medio. Por ello el objetivo de este trabajo es determinar el número de colonias bacterianas en las distintas zonas y detectar cuáles son las zonas inertes del centro que se encuentran más contaminadas. Esto es imprescindible para así evitar contagios y complicaciones en la salud.

## 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos planteados en este trabajo fueron:

- Cuantificación del número de colonias encontradas en zonas inertes del instituto Fidiana (escaleras, manilla de la puerta entrada y baños del alumnado).
- Determinar la evolución del número de colonias presentes a lo largo de la jornada escolar y comparar la cantidad de colonias bacterianas en las distintas zonas elegidas en el instituto.
- Comparar el crecimiento de las colonias bacterianas en un medio de cultivo LB de uso común en laboratorios de investigación (medio rico Luria-Bertani) y un medio de cultivo casero.

## 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Una bacteria es un organismo microscópico unicelular, carente de núcleo, que se multiplica por división celular sencilla o por esporas. Una colonia bacteriana es una agrupación formada por la reproducción de estas cuando crecen en medios sólidos.

Los microorganismos que crecen en zonas inertes son diferentes, por lo que en cada materia inerte puede haber diferentes cepas y especies de bacterias.

Mediante los cultivos de bacterias es posible conseguir una multiplicación de estas y por lo tanto visualizarlas y analizarlas. Los cultivos de bacterias son métodos utilizados para el estudio de las bacterias, en los que se aporta un medio



nutritivo para que estos microorganismos crezcan.

Las especies de microorganismos que se encuentra con más frecuencia en las superficies inertes son del género *Arthrobacter*, son comunes en el suelo y bastante resistentes a la desecación y no es de extrañar encontrarlas en la superficie de la piel por contacto directo con estas superficies. La microbiota presente en las manos es muy variable. Destacan como especies bacterianas más sobresalientes: *Micrococcus luteus* (colonias de coloración amarilla), *Bacillus* spp. (colonias de coloración blanca, mucosas y con capacidad de deslizamiento por la superficie del medio de cultivo solidificado) y *Arthrobacter* spp. (colonias de coloración crema) (López, 2009).

Es también posible la presencia de géneros de hongos típicos como son los conidióforos de coloración oscura, típicos de especies cosmopolitas pertenecientes al género *Aspergillus*; de coloración verdosa, perteneciente al género *Penicillium*; o los de coloración gris claro, típicos del género húngico *Mucor* o *Rhizopus* (López, 2009).

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1.- ASIGNACIÓN DE VARIABLES

Las variables ensayadas en este proyecto son:

- **Variable dependiente:** número de colonias bacterianas y especies de bacterias crecidas en el medio de cultivo.
- **Variables independientes:** superficies donde se haya tomado la muestra (manilla de la entrada, baño, escalera), medio utilizado (casero o LB), frecuencia de recogida de muestras y horas de toma de muestras.

### 4.2.- MATERIAL EXPERIMENTAL.

- Bandeja: en ella se depositan los otros materiales para su posterior transporte y utilización.
- Rotulador permanente: se utilizó para marcar las placas de Petri.
- Cámara de cultivo: se utiliza para la incubación de las bacterias.
- Bastoncillos de algodón: se utiliza para tomar las muestras y extender las bacterias en el medio de cultivo.
- Cultivo de bacterias: se utiliza como medio para el crecimiento de bacterias (se utilizaron 2 tipos, uno casero y LB estándar para bacterias).
- Papel de Parafilm: se utiliza para sellar las placas de Petri.
- Agar: se utiliza para solidificar el medio de cultivo.



- Cubito de carne o pollo: se utiliza para aportar nutrientes en el medio de cultivo casero.
- Medio de cultivo de laboratorio Luria-Bertani (Bertani, 1951).
- Agua: se utiliza para deshacer el cubito de carne o pollo.
- Placa de cocción portátil: se utiliza para mezclar y calentar los componentes del medio de cultivo.
- Ollas: se utiliza para realizar el medio de cultivo casero.
- Cuchara: se utiliza para que los ingredientes se mezclen correctamente.
- Autoclave (olla exprés): es utilizada para la esterilización de los materiales.

#### 4.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL.

Es necesario esterilizar el material de laboratorio que se utilizara para realizar el cultivo de bacterias, debido a que la esterilización permite eliminar la carga microbiana patógena previa, que podría influir en los resultados experimentales del trabajo.

- Esterilización de los materiales:

Autoclave (olla exprés): el método de esterilización mediante el autoclave permite eliminar microorganismos que podrían estar presentes en el material a utilizar. El autoclave utiliza calor húmedo a unas temperaturas elevadas y su fundamento físico es el mismo que el de una olla a presión. La temperatura requerida se fija generalmente de 121°C a 134°C a una presión aproximada de 200 kPa. El tiempo que permanece a esta temperatura se denomina tiempo de esterilización, o tiempo de retención, ya que es el momento en que se produce la esterilización real. Esto puede tardar alrededor de 3-20 minutos, dependiendo del tamaño y el contenido de la carga a esterilizar.

Los objetos para esterilizar (placas de Petri, tubos de ensayo, frascos) se introducen en la olla exprés y son sometidos a alta temperatura para poder así alcanzar el calor necesario para dicha esterilización. Para comprobar que los objetos a esterilizar se hayan desinfectado correctamente, se debe colocar en la superficie de cada objeto un trozo de cinta indicadora de esterilización, la cual vira a color negro al alcanzar la temperatura correcta de esterilización.

- Método para realizar el cultivo de bacteria casero

Se mide 600 ml de agua, que se vierten en una olla onda, se introduce medio cubito de carne y se bate hasta lograr que se deshaga. Se cuele esta mezcla con un papel de filtro y, una vez colado, se agrega 2,4 g de agar. Esta mezcla se introduce nuevamente en la olla y se calienta hasta llegar a la ebullición a 100°C. El medio de cultivo se introduce en unos frascos ISO tapón azul de 50 ml y se conservan en un refrigerador para su posterior utilización. El medio preparado, se calienta en un microondas hasta que se derrita, posteriormente se vierte, en condiciones de esterilidad, en la placa de Petri también esterilizada. La condi-



ción de esterilidad se consigue mediante la ayuda del halo a la llama del mechero que permite que el calor prevenga la contaminación por bacterias.

- Recogida de muestras y/o datos

Este trabajo ocupó un tiempo aproximado de 1 mes y medio. Las muestras se tomaron a 3 horas diferentes: 8:30 am, 12:00 am y 3:00 pm. Se realizaron tres repeticiones en cada una de las horas establecidas. Es importante indicar que, debido a la situación actual de la pandemia Covid-19, las superficies seleccionadas para el experimento son limpiadas a las 9:30 am y a las 12:30 pm por el personal de limpieza del instituto Fidiana.

Pasos para la recogida de datos: se introducen todos los objetos necesarios en una bandeja (papel de Parafilm previamente cortado en tiras, placas de Petri con el medio de cultivo, bastoncillos de algodón y guantes estériles). Una vez en la zona elegida para estudiar, se deben colocar los guantes en las manos y con un bastoncillo de algodón se frota por toda la superficie de dicha zona. Se restriega el bastoncillo de algodón por el medio de cultivo de la placa de Petri y rápidamente se cierra esta con el papel de Parafilm para impedir la contaminación de la muestra por otros agentes patógenos. Se procede a su etiquetado, indicando qué tipo de medio de cultivo (casero o LB), hora y fecha de la toma de la muestra y superficie que se ha estudiado.

- Incubación de las bacterias

Las colonias de bacterias se forman tras la incubación de las placas de Petri a 37°C en una cámara de cultivo. Estas tienen que estar como mínimo unas 24 horas para que sean visibles. Transcurrido este tiempo, se analizaron los datos y se determinaron el número de microorganismos obtenidos.

## 5. RESULTADOS

- Medio casero:

| SUPERFICIE INERTE | HORA    |          |          |
|-------------------|---------|----------|----------|
|                   | 8:30 AM | 12:00 AM | 15:00 PM |
| Entrada           | 63      | 2        | 0        |
| Escalera          | 1,5     | 10,5     | 6        |
| Baño              | 3       | 1,3      | 1,3      |

A partir de los datos recogidos en la Tabla 1 y Gráfica 1, podemos ver que en el medio casero la zona de mayor contaminación bacteriana es la manilla de la entrada de la puerta principal. Se observa un pico de contaminación de 63 colonias bacterianas a las 8:30 am, justo antes de que se limpien las zonas del instituto.

Gráfica 01.

Número de colonias en medio casero.



En la escalera su punto pico de contaminación es justo después del recreo a las 12:00 pm, mostrando una media de 10,5 colonias bacterianas. Se observa una cantidad de microorganismos mucho menor que la encontrada en la manilla de la entrada principal.

La zona menos contaminada es el baño y su pico de contaminación es de 3 colonias bacterianas, es muy bajo a las 8:30 am, justo antes de comenzar la jornada escolar. Estos resultados estarían en consonancia con el hecho de que la frecuencia de uso de estos a primera hora de la mañana aún es baja.

Figura 01.

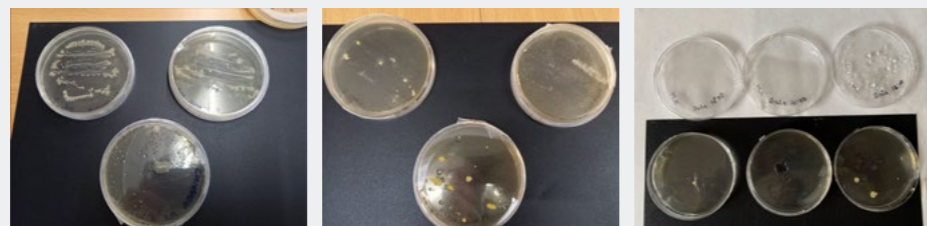
Entrada (medio casero).

Figura 02.

Escalera (medio casero).

Figura 03.

Baño (medio casero).



- Medio LB:

| SUPERFICIE INERTE | HORA    |          |          |
|-------------------|---------|----------|----------|
|                   | 8:30 AM | 12:00 AM | 15:00 PM |
| Entrada           | 2       | 2        | 3        |
| Escalera          | 8       | 6        | 6        |
| Baño              | 7       | 21       | 3        |

Tabla 02.

Número de colonias bacterianas crecidas en el medio rico LB.

Gráfica 02..

Número de colonias en medio rico LB.



El baño es la zona más contaminada (Tabla 2, Gráfica 2) y su pico de contaminación es de unas 21 colonias bacterianas. Este pico se encuentra a las 12:00 pm justo después del recreo, hora de máxima afluencia y uso por el alumnado del centro.

No se aprecia grandes diferencias en la contaminación presente en las escaleras y la entrada a lo largo del día. El número de colonias prácticamente no varía durante la jornada escolar.

Figura 04.

Entrada (medio L.B).

Figura 05.

Escalera (medio L.B).

Figura 06.

Baño (medio L.B).



- Medio casero y LB:

La utilización de dos medios diferentes se ha realizado con la intención de favorecer el crecimiento del mayor número de géneros y especies bacterianas independientemente de sus requerimientos nutritivos. Por ello, la máxima información se extrae teniendo en cuenta los resultados en conjunto de ambos medios.

Tabla 03.

Número de colonias medio casero y LB.

| SUPERFICIE INERTE | L.B     |          |          | CASERO  |          |          |
|-------------------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|
|                   | 8:30 AM | 12:00 AM | 15:00 PM | 8:30 AM | 12:00 AM | 15:00 PM |
| Entrada           | 2       | 2        | 3        | 63      | 2        | 0        |
| Escalera          | 8       | 6        | 6        | 1,5     | 10,5     | 6        |
| Baño              | 7       | 21       | 3        | 3       | 1,3      | 1,3      |

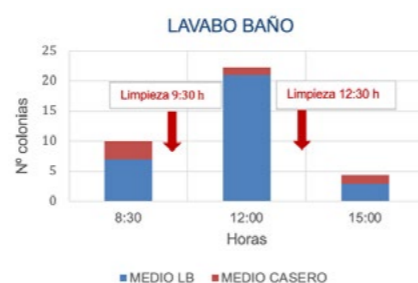
Gráfica 03.

Evolución de contaminación bacteriana en la entrada del IES a lo largo de la jornada escolar.



Gráfica 04.

Evolución de contaminación bacteriana en el baño del IES a lo largo de la jornada escolar.

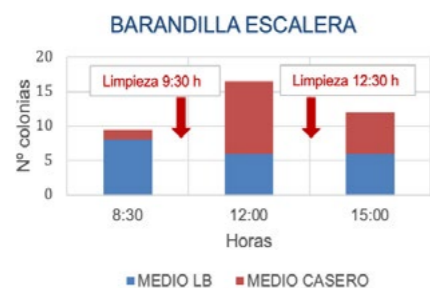


Como se observa en la Gráfica 3, la contaminación por bacterias en la manilla de la puerta del instituto es muy elevada a primera hora de la mañana, para luego disminuir drásticamente a lo largo del día. Es destacable el hecho de que esta zona se encuentra en contacto con el aire exterior, por lo que permanece a la intemperie toda la noche. Además, la entrada es la zona de máxima afluencia a primera hora y por tanto una zona de máximo contacto. La menor afluencia de esta zona el resto del día y la actuación de la limpieza realizada probablemente provoquen esta disminución.

La evolución del crecimiento bacteriano en el lavabo de los baños del alumnado (Gráfica 4) presenta un pico máximo en las horas centrales del día, coincidiendo con la hora del recreo, momento en los que son más frecuentados y usados. El efecto de la limpieza a partir del recreo es evidente, ya que la población bacteriana disminuye drásticamente tras esta limpieza. De no llevarse a cabo esta, es de esperar que la cantidad de bacterias incrementase paulatinamente a lo largo de la jornada escolar. Antes del recreo el efecto de la limpieza no es tan evidente, aunque posiblemente si no se hubiera efectuado esta, la población bacteriana a las 12 horas sería muy superior a la detectada.

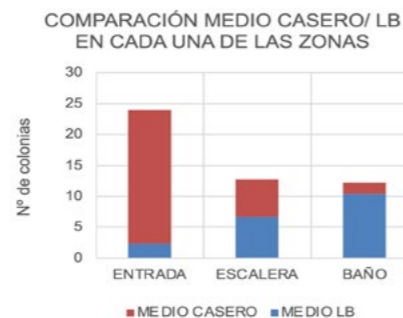
Gráfica 05.

Evolución de contaminación bacteriana en la barandilla de la escalera a lo largo de la jornada escolar.



Gráfica 06.

Contaminación bacteriana en diferentes zonas del IES.



Respecto a la evolución en el número de colonias bacterianas en la barandilla de las escaleras (Gráfica 5) se observa el mismo patrón que en el baño, presentando un nivel máximo a las 12 horas, para luego disminuir tras la limpieza después del recreo. El hecho de que los niveles de contaminación al final del día sean superiores a los encontrados en el baño, concuerdan con el hecho de ser una zona de gran contacto a la hora de la salida del alumnado del centro.

Gráfica 07.

Crecimiento bacteriano en medio LB y Casero.

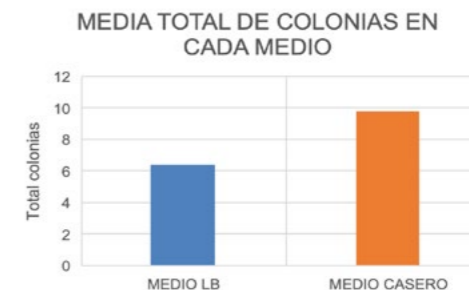
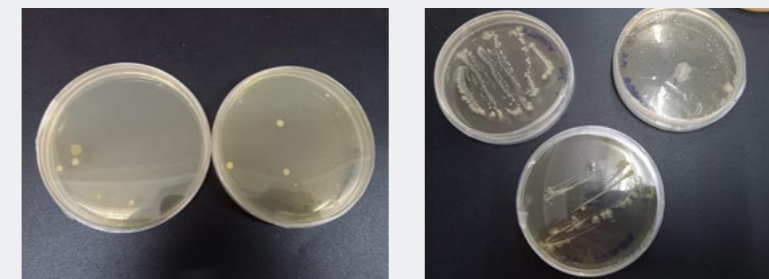


Figura 07 y 08.

Medio LB (izquierda) y Medio Casero (derecha).



Comparando la contaminación total en las diferentes zonas ensayadas vemos como la zona de máxima contaminación es la entrada del centro (Gráfica 6).

En el medio casero crecen muchas más colonias bacterianas que en el medio LB (Gráfica 7), ya que el máximo número de colonias bacterianas en el medio casero es de 63 mientras que en el medio LB es de 21 (Tabla 3). En las figuras 7 y 8 se puede observar como en el medio LB la morfología de las colonias bacterianas es más similar, mientras el aspecto de estas en el medio casero es mucho más diverso, las hay ramificadas, irregulares, circulares. Ello es indicativo del crecimiento de mayor diversidad de especies de bacterias en el medio casero.

## 6. DISCUSIÓN

Los trabajos realizados sobre el crecimiento bacteriano en diversas zonas vivas e inertes, del I.E.S Juan Gris de Madrid (Holgado *et al.*, 2016) demostró cómo



zonas comunes y de mucho contacto, se encuentran contaminadas por colonias bacterianas y como estas resultan perjudiciales para nuestra salud. En este trabajo se usó el medio de cultivo Rodac en el cual se encontró una gran cantidad de microorganismos presentes en zonas comunes como la superficie de un baño, superficie del picaporte de una puerta y superficie del interruptor.

Estos datos apoyan nuestros resultados, ya que en este proyecto de investigación se ha determinado que la zona con mayor contaminación bacteriana en el IES Fidiana es la manilla de la puerta principal, al hallarse en esta una media de 63 colonias bacterianas a las 8:30 horas. Lo que nos indica que se trata de una zona muy transitada y de máximo contacto. Dicha contaminación se va reduciendo a lo largo de la jornada escolar, probablemente por efecto de la limpieza Covid realizada por la mañana y la disminución del número de personas que pasan por ella.

La revista Cubana de Higiene y Epidemiología (González *et al.*, 2014) hace énfasis en que la mayor frecuencia de desarrollo bacteriano en utensilios y superficies que estuvieron en contacto con alumnos y a la ausencia de protocolos de limpieza y desinfección, son factores determinantes que estimulan el crecimiento de la contaminación bacteriana. Además, añade como el contacto directo con estas superficies con zonas del cuerpo pueden ser un factor importante para la transmisión de enfermedades entre los alumnos y alumnas. Estos resultados concuerdan con los resultados de este trabajo ya que se han encontrado un gran número de bacterias en las zonas comunes ensayadas, puerta de entrada, el baño y la barandilla de la escalera, y dado que estas pueden ser perjudiciales para nuestro organismo, es recomendable tomar unas medidas de higiene de manos, para así evitar lo menos posible que estas bacterias entren en el organismo y este sea propenso a contraer enfermedades y podamos contagiar a otras personas.

## 7. CONCLUSIONES

1. La zona de máxima contaminación en el IES es la manilla de la puerta de entrada al centro debido al gran número de colonias bacterianas encontradas en la misma. Esto se produce a primera hora antes de haber sido limpiada, por lo que esta cantidad de microorganismos se debe al contacto del alumnado/profesorado/personal administrativo al entrar al instituto. Tras la limpieza la población bacteriana se reduce considerablemente.

2. La contaminación microbiológica encontrada en la barandilla de la escalera y los baños fue menor que la encontrada en el picaporte de la puerta de entrada; presentando ambas zonas una evolución similar respecto a la presencia de colonias de bacterias a lo largo de la jornada escolar. Ambas mostraron un pico máximo en las horas centrales, el recreo, momento en los que son más frecuentados y usados. Igualmente, la población bacteriana encontrada en escalera y baños disminuye drásticamente tras la limpieza de las 12:00 horas.



3. El medio casero favorece el crecimiento de mayor diversidad de géneros y especies de bacterias, por lo que el número de colonias desarrolladas es mayor que en el medio LB.

Conclusión final: Los puntos críticos de contaminación en el IES Fidiana son la puerta de entrada al centro a primera hora, 8:30 am, y la barandilla de las escaleras y los baños a las horas centrales del día (11:30 am-12:00 pm). Los niveles de contaminación bacteriana en las escaleras son mayores que en el baño. La limpieza del segundo tramo de la mañana ha resultado ser efectiva, y debido a la gran cantidad de microorganismos que podemos encontrar en el medio que nos rodea, es imprescindible limpiar las zonas comunes para evitar complicaciones de salud.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Proyecto de Innovación Educativa y Desarrollo Curricular "FIDICIENCIA", Consejería de Educación (Junta de Andalucía).

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Mirt, E.I, Holgado, R. (2016). *Análisis del crecimiento bacteriano en diversas zonas vivas e inertes*. I.E.S Juan Gris, Madrid.

González. S.L., Lozada, M., Santiago, I. (2014) *Análisis bacteriológico de superficies inertes*, Revista cubana de Higiene y Epidemiología, 52 (3): pp 314-320.

Bertani, G (1951). "Studies on lysogenesis. I. The mode of phage liberation by lysogenic *Escherichia coli*". J. Bacteriol. 62 (3): pp. 293-300.

López, J.P (2009). Microbiología básica en la Educación Secundaria Obligatoria: el lavado de manos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Editorial UCA, Volumen 6(2), pp. 319-324.

Microbiología. (2021, 20 de noviembre). Wikipedia, La enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Microbiolog%C3%ADa&oldid=139853798>

Quercusblog (2016). Esterilización del material de laboratorio. El blog de Quercusblog. <https://quercuslab.es/blog/esterilizacion-del-material-de-laboratorio/#:~:text=La%20esterilización%20del%20material%20de%20laboratorio%20es%20un%20proceso%20que,0%20los%20medios%20de%20cult>



## Las nanopartículas de óxido de cerio: ¿las herramientas biomédicas del futuro?

/ ACCÉSIT Y ESTANCIA CSIC

**AUTORAS** | DANIELA NEIRA PRADA Y ALBA CODESAL GARCÍA

**COORDINADORA** | M<sup>a</sup> JESÚS MOURAZOS GONZÁLEZ

**CENTRO** | IES EUSEBIO DA GUARDA

**CIUDAD** | A CORUÑA

### RESUMEN |

Debido al auge de la Nanotecnología aplicada a la Biomedicina resulta urgente comprobar el potencial terapéutico y citotóxico de estos nuevos nanomateriales. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la viabilidad de las células A172 después de la exposición a nanopartículas de óxido de cerio (CeO<sub>2</sub>NPs) de un tamaño medio de 23,6 ± 7,7 nm a concentraciones de entre 1 a 100 µg / L. La viabilidad se evaluó mediante el ensayo de bromuro de tetrazolio azul de tiazolilo (MTT) en exposiciones de 24 horas y 48 horas. O no aparecen efectos o aparecen efectos muy leves cuando se exponen las células A172 a las CeO<sub>2</sub>NPs. Estos hallazgos están de acuerdo con los efectos de las nanopartículas de CeO<sub>2</sub> en otros cultivos celulares, lo que destaca las múltiples ventajas que este nuevo material puede tener para aplicaciones biomédicas antioxidantes o antitumorales.

**Palabras clave:** citotoxicidad, A172, astrocitos, CeO<sub>2</sub>NPs, nanopartículas de óxido de cerio, ensayo MTT, *in vitro*, antioxidantes, antitumoral, enfermedades neurodegenerativas, Alzheimer, Parkinson.



### ABSTRACT |

Due to the rise of Nanotechnology applied to Biomedicine, it is urgent to verify the therapeutic and cytotoxic faculty of these new nanomaterials. This work aims at assessing the viability of A172 cells after exposure to cerium oxide nanoparticles (CeO<sub>2</sub>NPs) 23,6 ± 7,7 nm, 1– 100 µg/L. Viability was assessed through thiazolyl blue tetrazolium bromide (MTT) assay at 24 h exposure and 48h exposure. No effects or only slight effects appear when A172 cells were exposed CeO<sub>2</sub>NPs. These findings are in accordance with CeO<sub>2</sub> effects on other cells and reassure the multiple advantages of this new material as antioxidant or antitumoral in biomedical applications.

**Keywords:** cytotoxicity; A172; astrocytes, CeO<sub>2</sub>NPs, cerium oxide nanoparticles; MTT assay, *in vitro*, antioxidants, antitumoral, neurodegenerative diseases, Alzheimer's, Parkinson's.



## 1. INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES E HIPÓTESIS DE TRABAJO

La nanotecnología es el estudio y la manipulación de materiales en tamaños increíblemente pequeños, generalmente de entre uno y 100 nanómetros (nm). Con los avances en nanotecnología, los estudios sobre la aplicación y evaluación toxicológica de nanomateriales están ganando cada vez más atención. En particular, las aplicaciones de los nanomateriales (NMs) en sistemas biológicos están atrayendo un interés considerable debido a sus propiedades fisicoquímicas únicas, ajustables y versátiles. (Oberdörster, G. *et al.*, 2007; Cheng *et al.*, 2013). Se sabe que cuanto menor sea el tamaño de las partículas y mayor sea la relación superficie volumen se originan en las nanopartículas (NPs) una serie de características únicas, ópticas, magnéticas, eléctricas, químicas y mecánicas que pueden llegar a influir en sistemas biológicos (Salvo, I., 2019).

Dentro de los diversos tipos de NPs que existen, se encuentran aquellas que pertenecen al grupo de los lantánidos, también conocido como el grupo de las tierras raras. Los elementos de este grupo se caracterizan por la presencia de electrones en el orbital 4f que preceden a los orbitales 5s y 5p que sería el orden esperable, lo que los dota de propiedades catalíticas, magnéticas y electrónicas particulares, especialmente útiles en la industria manufacturera y electrónica (Ascenzi, P. *et al.*, 2020). De entre este conjunto de elementos, el más abundante en la Tierra es el cerio (Ce) (Fernández, R., 2017), material que constituye la NP elegida para este estudio.

Las nanopartículas de óxido de Cerio son las NPs que han recibido mayor atención en el campo de la biomedicina gracias a que su estructura cristalina con vacantes de oxígeno les permite ejercer una doble acción catalizadora antioxidante o citotóxica en función del pH del medio (Heckman *et al.*, 2020, Fernández, R. 2017).

En su estructura cristalina cada anión de oxígeno está rodeado por cuatro cationes de cerio y cada catión de cerio se rodea por ocho de oxígeno. Esta configuración facilita la adquisición o liberación de electrones durante las fluctuaciones de estado de  $Ce^{+3}$  a  $Ce^{+4}$  actuando como una molécula que cede o dona electrones (Heckman *et al.*, 2020). Así se explica su función antioxidante, mimética con las enzimas catalasa (CAT) y superóxido dismutasa (SOD) en el interior de las células, transformando los radicales libres hidroxilo ( $OH\cdot$ ) en agua siempre y cuando actúe en un medio con pH ligeramente ácido. (Fernández *et al.*, 2017). Como el pH fisiológico cumple estas condiciones, permite la aplicación de esta nanopartícula como agente citoprotector contra el daño por radiación, estrés oxidativo o inflamación (Rosário *et al.*, 2020). Es más, ya se está ensayando en enfermedades neurodegenerativas exacerbadas por estrés oxidativo, como el Alzheimer o el Parkinson (Chandrasekaran, A. *et al.*, 2016). Cuando el pH es ácido, como pasa en el tejido tumoral por el efecto Warburg, la acción antioxidante no se da y entonces las  $CeO_2$  NPs actúan citotóxicamente. Este fenómeno



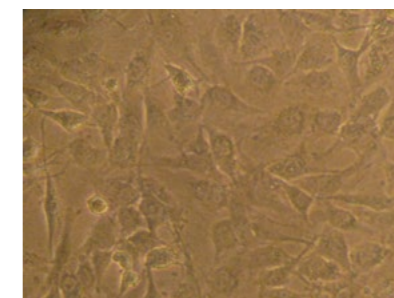
las convierte en una interesante propuesta antitumoral (Fernández, R., 2017).

No obstante, también se ha demostrado que la exposición a  $CeO_2$ NP tiene efectos adversos en los pulmones, el bazo, el hígado y los riñones, por lo tanto las causas últimas de este efecto citotóxico aún se están bajo investigación. (Wang, L. *et al.*, 2015)

Por otro lado, los estudios *in vitro* son fundamentales para ensayar la citotoxicidad de NPs (Costa, C. *et al.*, 2016). En este caso el trabajo se propuso sobre astrocitos de glioblastoma humano de la línea A172 (88062428, Sigma Aldrich). Los glioblastomas son los tumores malignos más comunes en el sistema nervioso central y la línea celular A172 es una de las líneas habituales utilizadas en modelos experimentales para estudiar las mejoras en terapia contra este tipo de cáncer (Kiseleva, L.N., *et al.* 2016). Los astrocitos son el tipo más abundante de células en el sistema nervioso central de mamíferos y son responsables de multitud de funciones como la modulación de la excitabilidad neuronal o la función cognitiva (Linnerbauer *et al.*, 2020). En los últimos años se ha avanzado bastante en el estudio de su implicación en enfermedades neurológicas humanas como el Alzheimer, Parkinson o la esclerosis lateral amiotrófica en modelos con ratón (Chandrasekaran, A., 2016). Estas células de la glía, por su naturaleza, son capaces de regular las concentraciones de los iones, neurotransmisores y otras moléculas a nivel extracelular (Kim *et al.*, 2019). Además son mediadores de propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y tisoprotectoras (Linnerbauer *et al.*, 2020).

Figura 01.

Astrocitos de la línea celular A172.



Debido a las semejanzas funcionales antioxidantes de las NPs de óxido de cerio y los astrocitos se propone iniciar la investigación de sus posibles interacciones *in vitro* a pH fisiológico a exposiciones de 24 y 48 horas, mediante la utilización del ensayo MTT, recomendado para estudios de citotoxicidad (Mossmann, T., 1983). En un futuro, esto podría conllevar la mejora en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas relacionadas con la producción de especies reactivas de oxígeno o novedosos tratamientos de tumores en los que se vean comprometidos los astrocitos.





## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 NANOPARTÍCULAS

Las nanopartículas de CeO<sub>2</sub> en polvo (referencia 544841, Sigma-Aldrich) se suspendieron en medio de cultivo. Para evitar su aglomeración el tubo que las contenía se sonicó con ultrasonidos en un baño ultrasónico (Branson Sonifier (EE. UU)) a 30 W en dos rondas de 1'30" con descanso de 1' y una última ronda de 2' de sonicación. La sonicación se lleva a cabo rodeando el recipiente con hielo para evitar la desnaturalización de las proteínas del medio de cultivo.

Posteriormente las NPs se diluyeron en medio de cultivo a las concentraciones deseadas para llevar a cabo el ensayo MTT.

### 2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS NANOPARTÍCULAS

Los datos de difracción de rayos X (XRD) se recopilaron utilizando el difractor de rayos X modelo D5000 (Siemens) equipado con una fuente de radiación monocromática de Cu-K (= 1,54178 Å) a 45 kV / 40 mA. Las muestras se prepararon mediante la deposición seca sobre un soporte de silicio.

Para el análisis de microscopía electrónica de transmisión (TEM) se depositó una muestra del polvo bajo una rejilla de Cu. La TEM se realizó utilizando un microscopio electrónico de transmisión Jeol- NeoScope, que funciona a 200 kV.

La determinación del diámetro del tamaño de la partícula se realizó utilizando dispersión dinámica de luz láser (DLS) (Modelo Z90Plus, Brookhaven Instruments) y el software Autodesk AutoCad 2021.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA CELULAR

El ensayo se llevó a cabo con la línea celular A172 (88062428, Sigma Aldrich) de astrocitos de glioblastoma humano autenticadas en la Colección Europea de Cultivos Celulares Autenticados (ECACC). La línea celular A-172 se cultivó en monocapa, en cultivo continuo. (Ver figura 2).

### 2.4 CULTIVO CELULAR

Para esta línea celular se empleó el medio de cultivo Gibco DMEM (DMEM High Glucose w/o L-Glu, w/o Sodium Pyruvate Ref. L0101-500 (Biowest)) 88% suplementado con un 10% de suero bovino fetal (Fetal Bovine Serum, Heat Inactivated). Ref. Number: 10500-064 (Gibco), FBS), 1% de antibiótico antimicótico (Antibiotic/antimycotic solution (100X). Ref. Number: 15240-062 (Gibco) (para evitar contaminación) e 1% de glutamina (L-Glutamine 200 mM (100x) 100 ml. Ref. Number X0550-100 (Biowest)) (aminoácido específico de las A172). Para preparar 500 mL se hizo del siguiente modo: 440 mL DMEM + 50 mL FBS + 5 mL Ab/Am + 5 mL L-Glu. Las células se cultivaron a 37 °C en una atmósfe-



ra húmeda rica en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 5 %. Al alcanzar la confluencia máxima recomendada las células se sometieron a un proceso de *plating* bajo cámara de flujo (pase a otro frasco de cultivo) para que las células no se estresasen y no se muriesen.

Para hacer el pase primero se desecha el medio de cultivo y se limpia el frasco con 2ml de una solución tampón (PBS); después se aplica 1.5 ml de tripsina para que las células se despeguen de la superficie y, de esta manera, se incuban las células 3 minutos para dejar actuar a la tripsina. Una vez transcurrido ese tiempo, las células se trasvasan a un tubo y se añade 3 ml de PBS para desactivar la enzima. Se centrifuga durante 10 min. a 800 rpm. A continuación se desecha el sobrenadante y se añade 1 ml de medio de cultivo y se resuspenden las células; se distribuye en cada frasco 300 µl de células y 5ml de medio de cultivo. A las 24 h los astrocitos recuperan su forma estrellada perdida por la actuación de la tripsina.

### 2.5 ESTUDIO DE VIABILIDAD CELULAR EN PRESENCIA DE CeO<sub>2</sub>NPs: ANÁLISIS MTT

Se realizaron 2 estudios de viabilidad de los astrocitos A172 para estudiar el efecto de distintas concentraciones de CeO<sub>2</sub>NPs, a 24 horas y a 48 horas, con el ensayo MTT (bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil-2H-tetrazolilo), siguiendo el procedimiento descrito por Mosmann (1983). Para ello primero se sembraron 12.000 células en varios pocillos de una placa de cultivo celular de 96 pocillos y se distribuyeron de la siguiente manera: un control negativo que contenía solo medio, un control positivo con medio de cultivo y Tritón (un detergente altamente tóxico), y otros pocillos con las diferentes concentraciones de CeO<sub>2</sub>NPs: 1 µg /L, 2 µg /L, 5 µg /L, 10 µg /L, 25 µg /L, 50 µg /L y 100 µg /L. Este proceso se hizo por triplicado. Las placas se devolvieron a la incubadora a 37 ° C y se dejaron actuar las NPs 24 o 48 horas (ensayo de 1 a 50 µg / L para 24 h; y ensayo de 1 a 100 µg / L para 48 h).

Pasadas las 24 o 48 horas, se añadió el MTT a cada pocillo a una concentración de 500 µl/ml y se dejó actuar durante 4 horas en oscuridad. Pasado este tiempo, los pocillos mostraban una coloración púrpura más o menos intensa según el % de supervivencia de las células, pues las células vivas transforman el MTT en cristales púrpura de formazán por acción de las deshidrogenasas en las mitocondrias en células vivas.

Posteriormente se retiró el medio y se añadieron 200 µl de DMSO para disolver los cristales de formazán que se pudieran haber formado y se dejó durante 10' en oscuridad total a temperatura ambiente. Si la tonalidad que se observa es amarillenta significa que la mortalidad de células es mayor, pues indica que no hay actividad enzimática mitocondrial; mientras que si presentan un color púrpura, la mortalidad es baja porque los cristales de tetrazolio han sido metabolizados a formazán por las enzimas mitocondriales de células vivas.



Finalmente los resultados colorimétricos se midieron con el espectrofotómetro para microplacas SPECTROSTAR Nano (BMG Labtech) el cual leyó la densidad óptica a 570 nm y con la ayuda del software informático que le acompaña se obtuvieron los valores numéricos que se analizaron estadísticamente en la medida de las posibilidades de los resultados obtenidos.

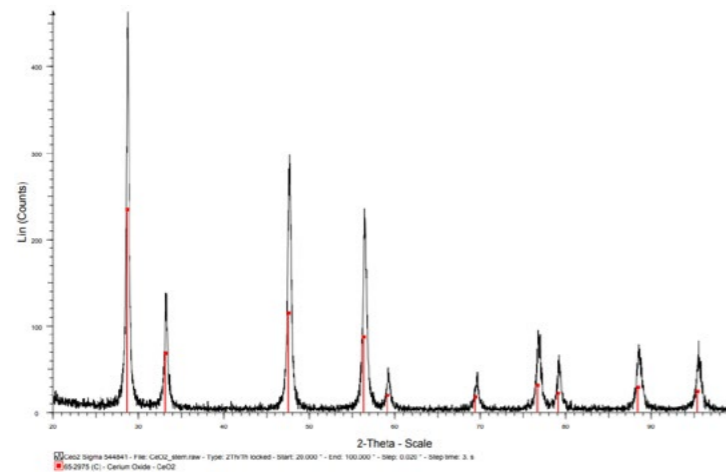
La naturaleza del experimento conlleva a que se repita cada experimento tres veces independientes para que los resultados sean fiables. Debido a la limitación de tiempo y de recursos, los experimentos sólo se llevaron a cabo una vez, una a 24h y la otra a 48h.

## 2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico de Cal (Drive, Google, 2021). Dado el pequeño tamaño muestral no se pudo realizar la prueba no paramétrica prueba U de Mann-Whitney para observar si existían diferencias significativas de viabilidad (valor p de 0,05), por lo que estos resultados deben tomarse con la prudencia necesaria. Los datos experimentales se expresaron como media  $\pm$  error estándar.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE ÓXIDO DE CERIO (CeO<sub>2</sub>NPS)



Las CeO<sub>2</sub>NPs se caracterizaron por su forma y tamaño. El análisis XRD mostró que todos los picos de difracción correspondían a la estructura cristalina con picos característicos para la estructura cúbica (Figura 2). El patrón no indica



evidencias de impurezas amorfas. El análisis mediante TEM mostró que las nanopartículas eran monocristalinas (Figura 3), de acuerdo con lo que indicaba la difracción y que se producían agregados. El tamaño medio de las nanopartículas se calculó mediante análisis con AutoCad y Cal (Drive, Google, 2021) (Figura 3). El resultado fue un tamaño medio de  $23,6 \pm 7,7$  nm, a diferencia de los resultados hallados mediante DLS realizados sin sonicar ni dispersar las nanopartículas (Figura 4) en los que se obtuvo un tamaño medio de 154,174 Å. Excepto para los resultados obtenidos por DLS, el resultado de tamaño está de acuerdo con lo indicado por el fabricante de un tamaño medio de 25 nm.

Figura 03.

Nanopartículas de óxido de cerio (II) fotografiadas bajo MET, con las medidas de tamaño obtenidas con AutoCad. Se observa la tendencia a la agregación.

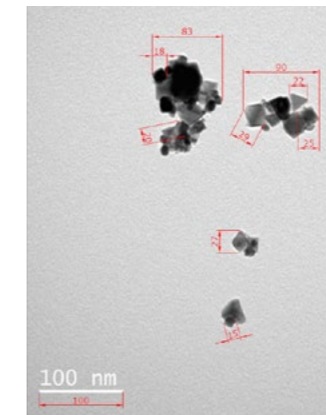
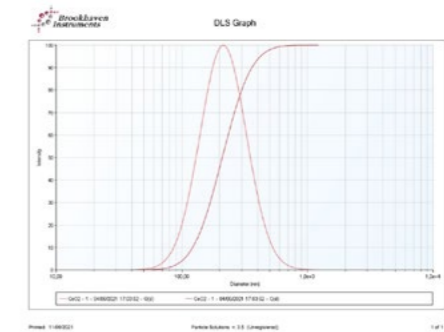


Figura 04.

Distribución del tamaño de partículas mediante dispersión de luz láser (DLS). La medición se realizó en un equipo modelo Z90Plus.



### 3.2 ESTUDIO DE VIABILIDAD CELULAR EN PRESENCIA DE CeO<sub>2</sub>NPS: CITOTOXICIDAD DE LAS CeO<sub>2</sub>NPS

Para evaluar los posibles efectos citotóxicos de las CeO<sub>2</sub>NPs en A172, las células se trataron con diferentes concentraciones de CeO<sub>2</sub>NP (ensayo de 1 a 50  $\mu\text{g/L}$  / 24 h; ensayo de 1 a 100  $\mu\text{g/L}$  / 48 h) y se midió la viabilidad celular mediante MTT, ensayo que se describe en el apartado de Material y métodos. Este ensayo se utilizó para evaluar la función mitocondrial como una medida indirecta de la viabilidad celular (Figura 5 y Figura 6). El tratamiento celular con CeO<sub>2</sub>NPs no afectó a la viabilidad de los astrocitos de la línea celular A172 ni para el tratamiento a 24h ni para el tratamiento a 48h. Sólo se observó disminución de la viabilidad de más de un 8% para concentraciones de NPs de 1  $\mu\text{g/L}$  a 48h (19,75%). Dadas las restricciones económicas y temporales no se llevaron a cabo las réplicas necesarias para completar el estudio, por lo que no se pudo valorar si los resultados eran significativos. Teniendo en cuenta el propósito de aprendizaje del estudio, y a la espera de nuevos hallazgos en el campo, se considerará para la discusión que los resultados indican una ausencia de disminución de la viabilidad de los astrocitos A172 sometidos a tratamientos de distintas concentraciones de CeO<sub>2</sub>NPs.

Figura 02.

Evaluación de la cristalinidad de nanopartículas de CeO<sub>2</sub>. Patrón de difracción de rayos X (XRD). Las barras verticales corresponden a los picos de difracción atribuidos a la fase cúbica de CeO<sub>2</sub>.

Figura 05.

Placas con el tratamiento colorimétrico de MTT.

Figura 06.

Viabilidad de las células A172 24 y 48h después de la exposición a CeO<sub>2</sub>NPs evaluada mediante ensayo MTT (izquierda viabilidad 24h, derecha viabilidad 48h); CP: control positivo (Triton X-100 1%).

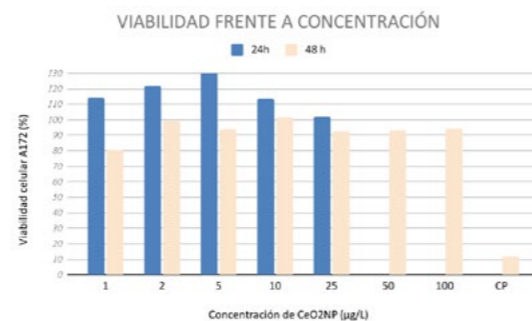
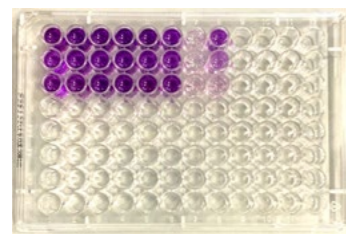


Tabla 01.

Resultados del tratamiento con NP de óxido de Cerio durante 24 y 48 horas. Los resultados del control positivo a 24 horas y concentración de 50µg/L no se han reflejado en la gráfica.

| CONCENTRACIÓN             | 1      | 2      | 5      | 10     | 25     | 50    | 100   | CP    |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| VIAB (24h)                | 114,62 | 122,22 | 132,05 | 113,67 | 102,43 | 8,10  |       | 39,40 |
| VIAB (h)48                | 80,25  | 99,11  | 93,74  | 101,7  | 92,82  | 93,26 | 94,21 | 11,87 |
| Disminución viabilidad(%) | 19,75  |        |        |        |        |       |       |       |

#### 4. DISCUSIÓN

La toxicidad de la CeO<sub>2</sub>NPs en células de astrocitos A172 medida por espectrometría no describió toxicidad significativa ni a las 24 horas ni a las 48 horas. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que muestran que la viabilidad de diferentes líneas celulares se conserva después del tratamiento con CeO<sub>2</sub>NPs hasta 200 µg / mL (Dal Magro, R. *et al.*, 2021, Salvo, I., 2019, Costa, *et al.*, 2015, Mazzolini, J. *et al.*, 2016) mientras que dosis superiores a 400 µg / mL parecen ser citotóxicas al interferir con funciones mitocondriales. (Hanafy, B. I. *et al.*, 2020).

Algunas de las posibles causas de estos resultados se explican a continuación.

Se sabe que el tamaño de las nanopartículas puede condicionar su eficacia en los sistemas biológicos, tanto *in vitro* como *in vivo* (Fischer, H. C. & Chan, W. C., 2007). Las nanopartículas de CeO<sub>2</sub> se caracterizaron por sus propiedades fisicoquímicas y demostraron ser materiales puros y cristalinos. En varios estudios se ha llegado a la conclusión que el tamaño óptimo es de entre 4 a 5 nm, que sobre todo se debe a la proporción superficial de los iones Ce<sup>+3</sup> /Ce<sup>+4</sup>, la

cual repercute en sus propiedades catalíticas y antioxidantes (Fernández, R., 2017). El tamaño medio de  $23,6 \pm 7,7$  nm de las partículas utilizadas en este trabajo no coincide con el tamaño óptimo recomendado, por lo tanto ésta es una posible explicación a la ausencia de citotoxicidad en las células tumorales A172. Es necesario mencionar la discordancia entre los resultados obtenidos por DLS y las medidas realizadas al analizar las fotos de microscopía electrónica. Posiblemente se deba a la tendencia a agregarse de estos nanomateriales en ausencia de sonicación y dispersión.

Aun así, como las CeO<sub>2</sub>NPs tienen naturaleza dual protectora y citotóxica, es posible que bajo las condiciones experimentales no se manifiesten las condiciones ácidas necesarias para que sobrevenga actividad citotóxica. De hecho los estudios de Kiseleva *et al.* (2016) concluyen que la línea celular A172 pierde ciertas características tumorales en las que se incluye el pH ácido característico del tejido tumoral ya que se sabe que las líneas celulares pueden perder o adquirir algunas características si se llevan cultivando largo tiempo (Freshney, R.I., 2011). Así pues, puede estar sucediendo que, como ya proponen numerosos estudios (Dhall, A. *et al.*, 2018, Casals, G. *et al.*, 2021), los aniones hidroxilos que son las especies ROS más tóxicas que se pueden generar en las mitocondrias (Rosário *et al.*, 2020, Salvo, I., 2019, Heckman, K.L. *et al.*, 2020) de los astrocitos sean neutralizados por la actividad antioxidante de las NPs del óxido de cerio. Si esto fuese así se podrían aplicar estas NPs para minimizar los efectos que se describen de los astrocitos reactivos en enfermedades como el Alzheimer o el Parkinson (Kim, Y. *et al.*, 2019) e incluso el glaucoma (Guttenplan, K.A. *et al.*, 2020).

También podría estar sucediendo que se formasen coronas de proteínas (Fleischer, C.C. & Payne, C.K., 2014, Mazzolini, J. *et al.*, 2016) derivadas de la proteína del suero bovino que se utilizó que estén impidiendo citotoxicidad potencial de las NPs. Un estudio *in vitro* demostró que cuando está presente este tipo de "corona proteica", las CeNP no afectan a la viabilidad celular en la línea celular A549 derivada del pulmón, incluso a concentraciones elevadas. La interacción entre la proteína corona transferrina derivada del suero y su receptor en la membrana plasmática es el factor clave. Promueve la captación de NP a través de endocitosis mediada por clatrina. Por el contrario, en condiciones libres de suero, y a pesar de la propiedad antioxidante del nanocerio, estas NPs inducen la rotura de la membrana plasmática A549 y provocan cambios en su metabolismo celular (Mazzolini, J. *et al.*, 2016).

Otro factor a considerar es la concentración del estudio de citotoxicidad. Se ha descrito que CeO<sub>2</sub>NPs a baja concentración, ejerce un efecto citoprotector (Tsai, S.M. *et al.*, 2018).

Además, un tiempo de exposición relativamente corto puede también condicionar los resultados, al contrario de lo que puede suceder en escenarios reales. La viabilidad celular preservada en presencia de CeO<sub>2</sub>NPs abre la posibilidad



de utilizar este novedoso nanomaterial como material antioxidante para minimizar, tratar o controlar la exacerbación de especies oxidativas radicales en astrocitos del cerebro de pacientes con enfermedades neurodegenerativas o con glioblastomas. No obstante la escasa citotoxicidad de las CeO<sub>2</sub>NPs en los astrocitos y las prometedoras aplicaciones biomédicas de estas nanopartículas en otros campos están aún pendiente de análisis. Es probable que su concentración y envoltura protectora (como una corona de proteínas) deba configurarse de antemano para preservar la viabilidad celular y para una entrada exitosa a las células diana en estudios *in vivo* (Casals, G. et al, 2021). De esta forma se podría garantizar un futuro uso o bien como antitumoral selectivo o bien como antioxidante dependiendo del enfoque de tratamiento de la enfermedad a tratar.

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo exploró los efectos citotóxicos de exposiciones únicas a CeO<sub>2</sub>NP en células astrocitos A172 a las 24 y 48 h. Los resultados indican que independientemente de la concentración de CeO<sub>2</sub>NP aplicada, hay poco efecto o ningún efecto significativo sobre los astrocitos de la línea celular A172.

Son necesarios más estudios para corroborar los resultados iniciales que indican que las CeO<sub>2</sub>NPs no presentan toxicidad en astrocitos del SNC. Y debido a las semejanzas funcionales antioxidantes de las CeO<sub>2</sub>NP y los astrocitos se propone que es posible que estas nanopartículas potencien el efecto antioxidante de los astrocitos en enfermedades neurodegenerativas relacionadas con la producción de ROS o que tengan una función antitumoral relacionada con el pH.

Por lo tanto, para explorar los posibles mecanismos de interacción de las CeO<sub>2</sub>NP con las células cerebrales en relación a tumores y procesos oxidativos, es necesario realizar más estudios sobre las vías de captación, señalización y muerte celular *in vitro* e *in vivo*, que estén respaldados también por la caracterización del tamaño, forma y de las NPs óxido de cerio aplicadas.

## 6. AGRADECIMIENTOS

El equipo de trabajo agradece a las tutoras de este trabajo, a los técnicos del SAI Alberto Núñez Cardezo, de la Unidad de Análisis Estructural de la UDC y a Catalina de la Unidad de Microscopía Electrónica por su ayuda y colaboración en todo momento. También queremos agradecer la ayuda de la jefa de servicio de Biblioteca de la facultad de Educación, María Jesús García del resto de profesorado STEM y de los profesores Pedro Rodríguez y Dolores Blanco que nos ayudaron especialmente en la comprensión de algunos conceptos químicos. Por último, sabemos que sin el soporte de nuestros familiares y amigos este trabajo nunca hubiese salido a la luz.



## BIBLIOGRAFÍA

- Costa, C., Brandão, F., Bessa, M.J., Costa, S., Valdiglesias, V., Kiliç, G., Fernández-Bertólez, N., Quaresma, P., Pereira, E., Pásaro, E. *et al.*, 2016. *In vitro* cytotoxicity of superparamagnetic iron oxide nanoparticles on neuronal and glial cells. Evaluation of nanoparticle interference with viability tests. *J. Appl. Toxicol*, 36, pp. 361–372, doi: 10.1002/jat.3213
- Fernández, R., 2017. Fabricación, recubrimiento y caracterización de nanopartículas de óxido de cerio para tratamiento terapéutico de tumores. Universidad de Oviedo. Accesible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/173814> (Acceso: 26 de mayo 2021)
- Kiseleva, L.N., Kartashev, A.V., Vartanyan, N.L., Pinevicha, A. & Samoilovich, M.P., 2016. A172 and T98G cell lines characteristics. *Cell Tiss. Biol*, 10, pp. 341–348 (2016). doi: 10.1134/S1990519X16050072
- Mosmann, T., 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays, *J Immunol Methods*, 65(1-2), pp. 55-63. doi: 10.1016/0022-1759(83)90303-4
- Rosário, F., Bessa, M. J., Brandão, F., Costa, C., Lopes, C. B., Estrada, A. C., Tavares, D. S., Teixeira, J. P., & Reis, A. T., 2020. Unravelling the Potential Cytotoxic Effects of Metal Oxide Nanoparticles and Metal(Loid) Mixtures on A549 Human Cell Line, *Nanomaterials*, 10(3), 447. doi: 10.3390/nano10030447
- Salvo Ibáñez, I., 2019. Control and synthesis of cerium oxide nanoparticles for medical applications. Universitat Autònoma de Barcelona. Accesible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=229881> (Acceso: 26 de mayo 2021)



## Búsqueda de una correlación entre contaminantes atmosféricos y enfermedad cardiovascular en países europeos en vías de desarrollo y desarrollados

/ ACCÉSIT

**AUTORA** | MARTA GARRIDO MARTOS

**COORDINADORA** | LETICIA GÓMEZ ESCUDERO

**CENTRO** | IES RAMIRO DE MAEZTU

**CIUDAD** | MADRID

### RESUMEN |

El trabajo presentado a continuación cumple con el objetivo de mostrar un análisis sobre la posible consideración de dos contaminantes aéreos ( $PM_{2,5}$  y  $O_3$ ) como factores de riesgo para el desarrollo de cardiopatías, en especial para las muertes por infartos agudos de miocardio (IAMs). De esta forma, partiendo de una base teórica que apoya la hipótesis de que sí que pueden ser factores de riesgo, se lleva a cabo un estudio epidemiológico con bases de datos y sus consiguientes pruebas estadísticas para demostrar la validez de las correlaciones obtenidas. Además, se ha contemplado otra vía de investigación contando con una variable considerada como posiblemente influyente tanto en la incidencia de muertes por IAMs como en los valores medios de  $PM_{2,5}$  y  $O_3$  en países europeos: el Índice de Desarrollo Humano (IDH). Por último, se contrastan la fuerza y fiabilidad de los resultados y se obtienen las conclusiones de las dos vías de investigación abiertas.

### ABSTRACT |

The work presented below fulfills the objective of showing an analysis on the possible consideration of two air pollutants ( $PM_{2,5}$  and  $O_3$ ) as risk factors for the development of heart disease, especially for deaths from acute myocardial infarctions (AMIs). This way, starting from a theoretical basis that supports the hypothesis that they may be risk factors, an epidemiological study is carried out with databases and their consequent statistical tests to demonstrate the validity of the correlations obtained. In addition, another path for research has been considered, involving a variable possibly influential both in the incidence of deaths from AMIs and in the mean values of  $PM_{2,5}$  and  $O_3$  in European countries: the Human Development Index (HDI). Finally, the strength and reliability of the results are contrasted and the conclusions of the two open research lines are obtained.



## 1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿En qué medida las concentraciones de los contaminantes: ozono troposférico ( $O_3$ ) y material particulado de  $2,5 \mu m$  ( $PM_{2,5}$ ), ¿afectan a la tasa de mortalidad por infarto agudo de miocardio (IAM) por 100.000 habitantes y cómo varían estas variables entre países en vías de desarrollo ( $IDH < 0,788$ ) y desarrollados ( $IDH > 0,788$ ) en Europa?

## 2. MARCO TEÓRICO

**Infarto agudo de miocardio (IAM):** El infarto agudo de miocardio es una de las formas más graves de cardiopatía isquémica, una enfermedad no transmisible producida por la oclusión trombótica o estrechamiento de las arterias coronarias (Véliz, 2010). Si la sangre no llegase al miocardio (tejido muscular cardíaco) debido a una obstrucción en la arteria abastecedora, este pararía su movimiento ya que sus células no podrían producir energía. Cuando esto sucede, las células del tejido que sufren una falta prolongada de oxígeno se necrosan, lo que acarrea un fallo en la función del corazón como bomba cardíaca, desencadenando una pérdida abrupta del riego sanguíneo en los sistemas que causa daños y en muchos casos la muerte (“Coronary angioplasty and stents- Mayo Clinic”, 2019).

**Ozono troposférico ( $O_3$ ):** El ozono troposférico está presente en la capa de la atmósfera más cercana a la superficie terrestre. Al ser un contaminante secundario formado en un ciclo fotocatalítico, no es emitido por ninguna fuente sino producido a partir de radiación solar y compuestos precursores identificados como los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y los Compuestos Orgánicos Volátiles. De esta manera, la formación del ozono ocurre a partir de la oxidación fotoquímica de hidrocarburos en presencia de  $NO_x$ . Por consiguiente, su mecanismo básico de formación es el siguiente: Hidrocarburos +  $NO_2$  + calor + luz solar = Ozono

La principal causa del incremento de las concentraciones de ozono de las pasadas décadas se puede atribuir a que en el hemisferio norte la producción fotoquímica se da en la capa límite continental de las regiones industriales que, junto con la emisión antropogénica de los precursores, asociada al incremento de la actividad económica e industrial en dichas áreas, lleva a la formación de este subproducto (Ozono Troposférico, 2016).

**Material particulado de  $2.5 \mu m$  ( $PM_{2,5}$ ):** Se refiere al conjunto de partículas sólidas y/o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera con un diámetro aerodinámico menor a  $2,5$  micras lo que las dota de una gran capacidad para penetrar en las vías respiratorias de los seres vivos, al igual que prolonga su estancia en el aire y facilita su transporte a grandes distancias. Este contaminante puede presentar un gran número de composiciones (nitrato de amonio, óxidos de oligoelementos, carbono negro, etc.) (Snider *et. al.*, 2016).



**Índice de Desarrollo Humano (IDH):** El IDH es un indicador socioeconómico que se calcula de acuerdo a tres parámetros: indicadores educacionales (número de años promedio y esperados de escolarización), de salud pública (esperanza de vida al nacer) y económicos (a través del PIBpc) (Baumgartner *et. al.*, 2020).

## 3. HIPÓTESIS

Tras evaluar el comportamiento y características de ambos contaminantes, las consecuencias en la salud humana pueden variar desde: de forma directa el  $PM_{2,5}$  pasa al torrente sanguíneo y a los órganos, pudiendo desencadenar una respuesta inflamatoria o coagulante; varios estudios demuestran que ambos contaminantes están involucrados en la vasoconstricción arterial; están asociados con la progresión de la calcificación coronaria; el estrés oxidativo causado por la inhalación de ambos causa daños en el ADN que pueden inducir mutaciones y la expresión de genes nocivos (Chen *et. al.*, 2020); finalmente, la invasión de estos agentes externos desencadena SRIS (Síndrome Sistémico de Respuesta Inflamatoria), se inflama en tejido endotelial de las arterias. Todas las consecuencias mencionadas llevan a la oclusión de las arterias y a la pérdida del correcto riego sanguíneo, por ello son considerados instigadores del riesgo cardiovascular.

Por otro lado, de forma indirecta el  $PM_{2,5}$  y el  $O_3$  son agentes contribuyentes al efecto invernadero, causante de una elevación de temperaturas, así como de drásticas fluctuaciones en ella como son las olas de calor y frío, que estudios en PubMed han demostrado que incrementa el riesgo cardiovascular y los casos de IAMs (Madrigano *et. al.*, 2013). Dadas las características de formación del ozono estratosférico, en las regiones europeas con clima mediterráneo, caracterizado por elevadas temperaturas y una larga e intensa exposición a radiación solar, se combinan las condiciones perfectas para que haya una propensa formación de  $O_3$  (Brook *et. al.*, 2004). Si a esto se le añade, la presencia de un ambiente seco en las zonas del interior de dichos países y la poca mezcla de corrientes de aire dada su posición geográfica (región subtropical), el resultado son países propensos a una acumulación de contaminantes atmosféricos. Respecto a la última variable, como ha descrito Tandon *et al.* “un aumento del IDH de un país generalmente se correlaciona con un sistema de salud avanzado y un mayor acceso a la atención sanitaria” (Tandon *et. al.*, 2014), al igual que la ingeniera Rivoir “en países en desarrollo los obstáculos que dificultan la prevención y limpieza de la contaminación son mayores, tanto económicos como legislativos (...) son usados por países desarrollados como centros de explotación industrial” (Rivoir, 2016).

**Hipótesis:** Deduzco una correlación positiva entre las concentraciones de ozono y de  $PM_{2,5}$  con la tasa de mortalidad por IAM tanto en países en desarrollo como desarrollados. Por otro lado, deduzco que los valores tanto de muertes por IAMs como por las concentraciones de ambos contaminantes serán mayores en países en desarrollo y más si estos países presentan un clima similar al mediterráneo.



#### 4. BASES DE DATOS

Las siguientes bases de datos han sido elegidas dada su pertinencia con la investigación y la fiabilidad de las fuentes. Todas son instituciones internacionales especializadas en cada campo y con recursos para elaborar un muestreo fiable. Son las siguientes: datos del IDH del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ("Human Development Reports", 2021); la tasa de mortalidad estandarizada por NUTS (Nomenclatura de las Unidades Territoriales Estadísticas) 2 región de residencia de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat) ("Causes of death - standardised death rate by NUTS 2 region of residence", 2021); y, la base de datos de estadística de la calidad del aire de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) ("AQ statistics calculated by the EEA(F)", 2021).

#### 5. VARIABLES

Dadas las dos líneas de investigación abiertas en este estudio, en la correlación principal se toma como variable independiente las concentraciones de  $PM_{2,5}$  y de  $O_3$ , mientras que como dependiente se toma la tasa de mortalidad de IAM estandarizada. Por otro lado, en cuanto a la comparación con el IDH, se toma el mismo como variable independiente y como dependientes la tasa de mortalidad estandarizada de IAM y las concentraciones de cada contaminante. Respecto a las variables controladas, estas se basan en el rigor de la base de datos empleada: las mismas bases de datos para cada variable y para todos los años, el mismo método de recolección de datos, tomados los mismos años de estudio (9, desde 2011-2019) y 25 países europeos (Albania, Alemania, Bélgica, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Francia, Hungría, Inglaterra, Italia, Letonia, Lituania, Macedonia del Norte, Países Bajos, Polonia, República Checa, Rumania, Serbia, Suecia, Suiza y Turquía). Finalmente, las variables de confusión como género, edad, dieta, etc. han sido tenidas en cuenta en los criterios a continuación.

#### 6. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

No controlar las variables de confusión, que son aquellas que afectan tanto a la variable dependiente como a la independiente, conduce a importantes errores de especificación ya que omitir variables explicativas relevantes, causa sobre-dispersión y las varianzas reales son mayores que las teóricas (Figueiras, 2000). Con el fin de controlar estas variables y evitar falsos resultados, se han establecido ciertos criterios de inclusión. En primer lugar, se debe tener en consideración la localización y la diversidad de las poblaciones de los países cuyos datos se muestrean ya que la dieta y hábitos de vida son factores de riesgo de IAMs. Con el fin de minimizar el efecto de esta variable de confusión se ha acotado el alcance a países europeos. De igual manera, ya que el clima afecta a las concentraciones de  $O_3$  y  $PM_{2,5}$ , he decidido incluir en mi muestreo países con todos los tipos de climas de Europa con el fin de explorar los factores climáticos de la contaminación. Otra consideración son las estaciones de las cuales extraer los



valores de los contaminantes, por ello, en un intento de reducir la desigualdad se ha decidido tomar como valores de concentración la media de los valores máximos medidos a lo largo de un año por las estaciones abarcadas en un radio de 100km respecto al centro de las capitales de los países. Complementariamente, en la selección de países europeos se ha establecido como límite de población los 2 mill. de habitantes, eliminando de este modo países como Liechtenstein o Estonia. Esta medida ha sido tomada de acuerdo al estudio de Zhu *et. al.* ya que una población menor no proporcionaría una percepción significativa dentro de las correlaciones. Por último, se han escogido como países en desarrollo a aquellos que son miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y como países en desarrollo a los miembros del PET (Países con Economías en Transición) situados mayoritariamente en los Balcanes y el Cáucaso. Este criterio se ha establecido para reducir el efecto de confusión de variables como las económicas y culturales.

#### 7. INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS

A la hora de realizar la investigación final, se ha decidido oportuno llevar a cabo previamente una investigación de prueba con un muestreo más pequeño para evaluar los puntos fuertes y débiles y así amoldar la investigación final de forma que sea lo más fiable y veraz posible; y poner a prueba una metodología que me permitiese manipular tal cantidad de información. Esta investigación de prueba, al igual que los datos brutos y gráficas de correlación mencionados en los siguientes párrafos, están disponibles bajo demanda. Algunas de las medidas tomadas a raíz de la evaluación de la investigación de prueba es estandarizar las variables para lograr una justa comparación entre países con diferencias demográficas; además, de lograr la selección de países con la ayuda de un generador aleatorio online ("Random picker", n.d.) y así evitar sesgos.

De esta forma, se han seleccionado 25 países europeos dentro del criterio de inclusión y sus correspondientes valores de las variables. De acuerdo con su IDH, 18 de estas ciudades son desarrolladas (IDH >0,788 desde el año 2000) y 7 están en desarrollo (IDH <0.788 desde el año 2000). Para la metodología del IDH, se han cogido los valores del IDH de cada país desde el 2000 hasta el 2019 y se han realizado la media para cada uno.

Los datos brutos recogidos de las concentraciones de  $O_3$  y  $PM_{2,5}$ , de la tasa de mortalidad y del IDH están disponibles si se solicitan dado que su inclusión haría este archivo muy pesado. A continuación, se muestran los datos ya procesados:

Se relacionan las variables para realizar gráficos de dispersión para cada correlación. Como resultado, se han estudiado un total de 15 correlaciones con sus correspondientes gráficos. A continuación, se muestra un ejemplo de como los datos procesados son recogidos en gráficos de dispersión para explorar las distintas correlaciones:

Tabla 01.

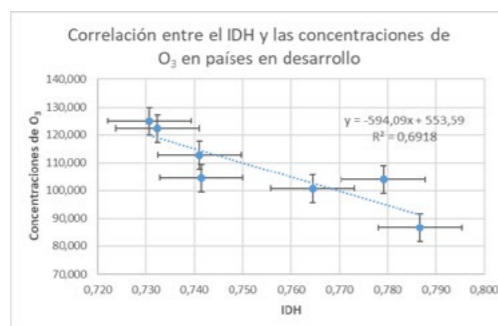
Datos procesados para cada país del IDH, la tasa de mortalidad de IAM y las concentraciones de O<sub>3</sub> y PM<sub>2,5</sub>.

| PAÍSES                      | IDH MEDIO | CONCENTRACIÓN DE O <sub>3</sub> | CONCENTRACIÓN DE PM <sub>2,5</sub> | TASA DE MORTALIDAD DE IAM |
|-----------------------------|-----------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| <b>PAÍSES EN DESARROLLO</b> |           |                                 |                                    |                           |
| Albania                     | 0,741     | 79,552                          | 53,570                             | 99,333                    |
| Bosnia y Herzegovina        | 0,731     | 130,941                         | 230,175                            | 127,219                   |
| Bulgaria                    | 0,779     | 103,916                         | 119,314                            | 84,969                    |
| Macedonia del Norte         | 0,732     | 97,275                          | 268,695                            | 114,594                   |
| Rumania                     | 0,787     | 86,631                          | 74,309                             | 84,469                    |
| Serbia                      | 0,764     | 105,705                         | 106,614                            | 82,880                    |
| Turquía                     | 0,741     | 102,870                         | 88,724                             | 104,460                   |
| <b>PAÍSES DESARROLLADOS</b> |           |                                 |                                    |                           |
| Alemania                    | 0,921     | 113,705                         | 76,005                             | 45,304                    |
| Bélgica                     | 0,908     | 126,536                         | 70,830                             | 40,552                    |
| Coracia                     | 0,812     | 116,680                         | 97,966                             | 96,414                    |
| Dinamarca                   | 0,917     | 98,125                          | 73,625                             | 33,724                    |
| Eslovaquia                  | 0,821     | 113,051                         | 58,207                             | 72,313                    |
| Eslovenia                   | 0,881     | 121,528                         | 69,370                             | 46,206                    |
| España                      | 0,870     | 146,405                         | 45,377                             | 43,243                    |
| Francia                     | 0,877     | 115,680                         | 69,303                             | 41,414                    |
| Hungría                     | 0,821     | 102,726                         | 70,696                             | 79,497                    |
| Inglaterra                  | 0,906     | 96,121                          | 60,846                             | 44,797                    |
| Italia                      | 0,873     | 102,978                         | 60,928                             | 35,480                    |
| Letonia                     | 0,820     | 95,906                          | 59,078                             | 69,164                    |
| Lituania                    | 0,832     | 92,065                          | 78,688                             | 55,980                    |
| Países Bajos                | 0,915     | 115,221                         | 66,492                             | 35,988                    |
| Polonia                     | 0,836     | 103,741                         | 107,389                            | 63,909                    |
| República Checa             | 0,863     | 116,509                         | 81,706                             | 43,174                    |
| Suecia                      | 0,919     | 98,211                          | 27,441                             | 44,479                    |
| Suiza                       | 0,930     | 117,248                         | 46,599                             | 28,345                    |

**Pruebas estadísticas:** Al analizar los Gráficos 1- 15, es visiblemente evidente que hay gran variedad respecto a las líneas de tendencia y el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>). Estas diferencias han sido estudiadas y se ha decidido de acuerdo a lo enunciado en distintas fuentes (Morales, 2011) que las correlaciones con un coeficiente R<sup>2</sup> menor a 0,3 sean descartadas puesto que no son significativas.

Gráfico 01.

Gráfico de dispersión ilustrando la correlación 1.



De esta forma la correlación entre: el IDH y las concentraciones de O<sub>3</sub> tanto en países desarrollados como en todos; el IDH y las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> en los desarrollados; las concentraciones de O<sub>3</sub> y la tasa de mortalidad por IAM en los desarrollados y en todos los países; y, por último, las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> y la tasa de mortalidad por IAM en los desarrollados; han pasado a ser discutidas directamente en la conclusión.

Para las correlaciones restantes, se ha decidido usar el test de correlación Pearson (r) para examinar la fuerza (con un rango de 0 a 1) y dirección (signo positivo o negativo) de la relación lineal entre las dos variables continuas determinadas en cada caso (Laerd, 2018). El coeficiente de Pearson ayudará para determinar si las correlaciones son estadísticamente significativas y es muy sensible a valores de datos extremos y se puede modificar su valor con que un solo dato sea muy diferente del conjunto. Por ello, previo a su cálculo es necesario comprobar que los datos implicados darán resultados significativos. Dado que los datos usados en el test de Pearson tienen que seguir una distribución normal y es proclive a despuntes y asimetrías, se ha dirigido un estudio previo de la distribución de los datos entre el coeficiente de asimetría y el error estándar (Statstutor, 2018). Un ejemplo de este análisis es mostrado a continuación:

Para ver si la asimetría de la distribución de los datos constituye un impedimento para verificar y validar los resultados del test de Pearson, se debe comparar el coeficiente de asimetría con el doble del error estándar. Si el valor del coeficiente de asimetría es menor que el doble de su error estándar, entonces

Tabla 02.

Ejemplo de estudio de distribución de datos para la correlación número 11 (tasa de mortalidad de IAM y el IDH).

| VARIABLES                  | N  | ASIMETRÍA  |                |                      | CONCLUSIÓN     |
|----------------------------|----|------------|----------------|----------------------|----------------|
|                            |    | Coficiente | Error Estándar | Doble Error Estándar |                |
| Tasa de mortalidad por IAM | 25 | 0,912      | 0,507          | 1,014                | 0,912 < 1,014  |
| Valores del IDH            | 25 | -0,296     |                |                      | -0,296 < 1,014 |

Ecuación 01.

Ecuación para calcular el coeficiente de correlación de Pearson.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Siguiendo la ecuación anterior donde x son los valores de la variable independiente de cada set de datos que puede ser IDH, O<sub>3</sub> o PM<sub>2,5</sub> según la correlación escogida; e y representa los valores de la variable dependiente de cada set de datos que puede ser la tasa de mortalidad de IAM, el O<sub>3</sub> o el PM<sub>2,5</sub>. Así pues se ha calculado el valor de r. Sin embargo, para asegurarse que los resultados





son compatibles se requiere realizar una prueba de significación o contraste de hipótesis (Contraste de Hipótesis, n. d.). En ella,  $r$  es comparado con un valor crítico obtenido a partir de una tabla estandarizada (Tabla de valores críticos para Pearson's  $r$ , 2018) basándose en los grados de libertad (corresponde con el número de datos de cada pareja de sets menos 2) y el nivel de confianza tomado como el 95% (es decir, hay un 5% de riesgo de que la correlación sea confirmada sin existir realmente). Se han resumido los resultados en la siguiente tabla:

De esta manera, se determina que si se rechaza la  $H_0$  (la hipótesis nula, es decir que no hay correlación) o la  $H_1$  (hipótesis de que sí haya correlación). De acuerdo para que se rechace la  $H_0$ ,  $r$  en valor absoluto debe ser mayor que el valor crítico. Así, ocho de las correlaciones ilustradas resultan estadísticamente significativas y fiables. Adicionalmente, la fuerza de la correlación se ha determinado con el valor de  $r$ : si este se encuentra entre el 0,5 y 0,7 es moderada y  $>0,7$  es considerada fuerte.

## 8. ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN

En última instancia, dirigir esta investigación me ha permitido responder a la pregunta inicial: “¿En qué medida las concentraciones de los contaminantes:

| CORRELACIONES                  |                      | GRADOS DE LIBERTAD | NIVEL DE CONFIANZA | VALOR DE $r$ (PEARSON) | VALOR CRÍTICO | CONTRASTE DE HIPÓTESIS                             |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|---------------|--|
| Entre el IDH y $O_3$           | Países en desarrollo | 16                 | 0,05               | -0,880                 | 0,468         | $H_0$ rechazado, correlación fuerte                |
| Entre el IDH y $PM_{2,5}$      | Países en desarrollo | 5                  | 0,05               | -0,547                 | 0,755         | $H_1$ rechazado, no hay correlación significativa. |
|                                | Todos los países     | 23                 | 0,05               | -0,614                 | 0,396         | $H_0$ rechazado, correlación moderada              |
| Entre el IDH y tasa IAM        | Países desarrollados | 16                 | 0,05               | -0,849                 | 0,468         | $H_0$ rechazado, correlación fuerte                |
|                                | Países en desarrollo | 5                  | 0,05               | -0,884                 | 0,755         | $H_0$ rechazado, correlación fuerte                |
|                                | Todos los países     | 23                 | 0,05               | -0,942                 | 0,396         | $H_0$ rechazado, correlación fuerte                |
| Entre la tasa IAM y $O_3$      | Países en desarrollo | 5                  | 0,05               | 0,897                  | 0,755         | $H_0$ rechazado, correlación fuerte                |
| Entre la tasa IAM y $PM_{2,5}$ | Países en desarrollo | 5                  | 0,05               | 0,773                  | 0,755         | $H_0$ rechazado, correlación moderada              |
|                                | Todos los países     | 23                 | 0,05               | 0,683                  | 0,396         | $H_0$ rechazado, correlación moderada              |

Tabla 03.

Recogida de los resultados del teste de Pearson.



ozono troposférico ( $O_3$ ) y material particulado de  $2.5 \mu m$  ( $PM_{2.5}$ ), afectan a la tasa de mortalidad por infarto agudo de miocardio (IAM) por 100.000 habitantes y cómo varían estas variables entre países en vías de desarrollo ( $IDH < 0,788$ ) y desarrollados ( $IDH > 0,788$ ) en Europa?”. Pese a que la investigación de prueba resultó ser poco concluyente dado que las correlaciones presentaban coeficientes de  $R^2$  considerablemente bajos, por lo que las correlaciones no resultaron significativas, gracias a ello y a su estudio, fue posible redirigir la investigación y añadir otro parámetro como es el IDH. Al realizar la investigación principal con las dos líneas de investigación, los resultados obtenidos han sido reveladores.

**Por una parte, estudiando la variable independiente del IDH:** las correlaciones entre el IDH y las concentraciones de  $O_3$  sugieren no haber una relación apreciable en los países desarrollados y en el cómputo de países juntos (recta de regresión casi completamente horizontal,  $R \leq 0,005$ ). Sin embargo, en los países en desarrollo existe una correlación negativa bastante fuerte que indica que a mayor IDH menores concentraciones de  $O_3$ . En cuanto a las concentraciones de  $PM_{2,5}$ , se concluye que en los países desarrollados no existe una correlación y se mantiene dentro de los parámetros de lo constante, mientras que en los países en desarrollo se muestra una aparente correlación negativa ( $R^2=0,3001$ ) que después, resultó ser casual y no ser significativa; y, en el cómputo total de países existe una correlación moderada con una  $R^2= 0,377$ ). Todas las gráficas indican que dentro de los países en desarrollo a mayor IDH menor concentración de contaminantes, lo cual se puede ver reflejado en el caso del  $PM_{2,5}$  también en la correlación con todos los países como conjunto. Además, es apreciable que las concentraciones de  $PM_{2,5}$  en países en desarrollo es por lo general mucho más alta que en los ya desarrollados. La justificación dada es que según la ONU, las políticas ambientales no son tan estrictas en los países en desarrollo puesto que su situación no se lo permite, pero que sin embargo, los que están adquiriendo mayor IDH sí que es palpable que no explotan tanto la calidad del aire. Por último, existen fuertes correlaciones entre el IDH y la tasa de mortalidad por IAM tanto en países desarrollados, en desarrollo como en todos los países muestrales juntos. Todas ellas siendo negativas lo que indica que a mayor IDH, menor la tasa de mortalidad por IAM. De igual manera, los valores de la tasa de mortalidad por IAM son mayores en los países en desarrollo. Las correlaciones analizadas muestran que el desarrollo socioeconómico es altamente influyente en la calidad del aire de los países y en su sistema de sanidad y tratamiento de IAMs.

**Por otro lado, en cuanto a las correlaciones de los contaminantes con la tasa de mortalidad por IAM,** no están tan claras. La correlación entre el  $O_3$  y la mortalidad solo resulta significativa en el caso de los países en desarrollo con una correlación positiva y fuerte, ya que el resto de correlaciones muestran datos bastante dispersos y aleatorios. En cuanto al  $PM_{2,5}$ , las correlaciones se muestran más concluyentes y existen correlaciones moderadas positivas en los países en desarrollo y en el cómputo total de países.



Los resultados de mi estudio sugieren que los países menos desarrollados están en desventaja frente a la seguridad del aire que respiran sus habitantes y son más susceptibles a morir por IAMs, ya que a menor IDH, mayores valores de variables independientes. Una vez que se entra en el grupo de los países desarrollados, las diferencias de IDH no parecen tener un valor muy sustancial. Finalmente, también se muestra que en los países en desarrollo sus niveles de  $O_3$  y  $PM_{2,5}$  influyen de manera negativa en la tasa de mortalidad, pues a mayores concentraciones, mayor mortalidad. Respecto al  $PM_{2,5}$  también se muestra relacionado con la mortalidad en el cómputo total de países por lo que se puede concluir que el  $PM_{2,5}$  es influyente en la salud cardiovascular. Si se relacionasen ambas vías de investigación, se concluiría que los países en desarrollo tienen peores condiciones medioambientales y de salud cardiovascular.

Estos resultados concuerdan con mi hipótesis en gran medida, salvo en las estimaciones generales para los países desarrollados. Además, se cumple que los países con climas mediterráneos presentan valores mayores por norma general de  $O_3$  pero en cuanto las concentraciones de  $PM_{2,5}$  son más altas en los países del este, que se puede deber a su tipo de explotación industrial.

## 9. RELEVANCIA DE LA EXPLORACIÓN Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Pese a los errores señalados en la evaluación (presente en la investigación completa), la mayoría debido a las variables de confusión (pueden constituir un buen punto de partida para futuras investigaciones), no se puede obviar el hecho de que los datos presentados son reales y los estudios llevados a cabo cuentan con un alto grado de fiabilidad como para considerar las conclusiones significativas y representativas de la realidad. Es por ello, que al demostrarse las relaciones fiables entre las diferencias socioeconómicas y distintos parámetros que afectan a la calidad de vida de los habitantes como son la salud y la calidad del aire respirado, es imposible no replantearse distintos aspectos del mundo actual. Espero que investigaciones como la presente sirvan como punto de partida a futuros progresos y que ayuden a crear conciencia sobre estas desigualdades. Las ciencias de la salud están destinadas a velar por la salud de los habitantes y es esencial que los progresos realizados en este campo ya sea en cuanto tratamientos o atención sanitaria estén disponibles para cuando se necesiten. Más ahora que nunca, investigaciones actuales en relación con la crisis pandémica, pueden servir de la presente para evaluar los puntos que necesitan apoyo en Europa. Novedosos estudios como el de la Universidad de Ginebra en colaboración con la Escuela Politécnica Federal de Zúrich, demuestran que los factores climatológicos (alterados por la contaminación) y distintos contaminantes aéreos como el  $PM_{2,5}$  pueden causar brotes del virus Sars-Cov-2 ya que es posible que sea capaz de transmitirse a través de micropartículas contaminantes presentes en el aire (García, 2020). De este modo, esta exploración, cuenta con un alcance mucho más amplio del aparente.



## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Revistas académicas:

Baumgartner, J., Brauer, M., & Ezzati, M. (2020). The role of cities in reducing the cardiovascular impacts of environmental pollution in low- and middle-income countries. *BMC Medicine*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12916-020-1499-y>

Chen, H., Xu, Y., Rappold, A., Diaz-Sanchez, D., & Tong, H. (2020). Effects of ambient ozone exposure on circulating extracellular vehicle microRNA levels in coronary artery disease patients. *Journal Of Toxicology And Environmental Health, Part A*, 83(9), 351-362. <https://doi.org/10.1080/15287394.2020.1762814>

Snider, G., Weagle, C., Murdymootoo, K., Ring, A., Ritchie, Y., & Stone, E. *et al.* (2016). Variation in global chemical composition of PM: emerging results from SPARTAN. *Atmospheric Chemistry And Physics*, 16(15), 9629-9653. <https://doi.org/10.5194/acp-16-9629-2016>

Gráficas y más bibliografía disponibles escaneando el siguiente código:





## Dentro de los pelos de Xebo: la conducta de un gorila dominante en captividad

---

/ ACCÉSIT

**AUTOR** | PAU BARDI PUIGDEFÀBREGAS

**COORDINADORA** | INÉS MASIP CURTO

**CENTRO** | IES DERTOSA

**CIUDAD** | TORTOSA, TARRAGONA

### RESUMEN |

A causa de la devoción por los animales y de las características que compartimos con los gorilas, los primates gigantes, se ha investigado, en primer lugar, cómo se comporta un espalda plateada en el zoo de Barcelona mediante un estudio etológico de quince horas y media de registro. A continuación, se ha entrevistado a su conservadora para comprender los resultados y la tarea del parque. Por último, con el objetivo de averiguar qué se sabe de ellos se ha pasado una encuesta. En definitiva, se ha podido apreciar que el macho está la mayor parte de la jornada descansando, que no socializa casi nada con su familia, que realiza bastantes más conductas sociales dominantes que agresivas y que ambas clases son llevadas a cabo principalmente con las crías. Además, su coprofagia no es una estereotipia, el zoológico facilita la socialización de los gorilas necesitados a través del juego, da anticonceptivos a las hembras como medida de su EEP y aplica descubrimientos como que la conducta materna no es innata. Para terminar, el conocimiento sobre estos mamíferos es mediano: se ignora qué hace un espalda plateada en captividad y aspectos del zoo, pero se tiene una idea de varios rasgos básicos.



### ABSTRACT |

Because of the devotion to animals and the traits that we share with *Gorillas*, the giant primates, it has been investigated, firstly, how a silverback behaves at the Barcelona Zoo through an ethological study of fifteen and a half hours of registration. Her zookeeper has been then interviewed to understand the results and the work of the park. Ultimately, a survey has been sent to find out what is known about them. In conclusion, it has been observed that the male rests most of the day, that he does not socialize almost anything with his family, that he performs much more dominant social behaviours than aggressive ones and that both categories are carried out mainly with the young. Besides, his coprophagy is not a stereotype, the Zoo facilitates the socialization of needy *Gorillas* through play, it gives contraceptives to females as a measure of their EEP, and it applies discoveries such as maternal behaviour is not innate. Finally, the knowledge about these mammals is average: it is unknown what a silverback does in captivity and aspects of the Zoo are also, but several basic features are recognized.



## 1. INTRODUCCIÓN

Desde muy pequeño me han apasionado los animales. El aspecto, las exclusividades, los parentescos. Así, la oportunidad de conocer unos cuantos de salvajes que ofrece el zoo de Barcelona ha sido siempre un deseo. Por lo tanto, he pensado que no hay una mejor idea que elaborar mi trabajo de investigación de Bachillerato rodeado de esta naturaleza, aprendiéndola todavía más y, sobre todo, disfrutando de verdad. De este modo, por su acompasado parecido con nosotros y su gigante carisma, he decidido que los primates más grandes que permanecen en nuestro maravilloso planeta, los gorilas, tienen que ser los protagonistas de la fábula.

En general, como el anhelado parque de la capital catalana es también un centro de investigación, habiendo asistido a un curso y con el carné del Zoo Club, he analizado el comportamiento de Xebo, uno de sus ejemplares con más historia y belleza, para averiguar cómo es el día a día de un macho dominante en captividad.

## 2. ANTECEDENTES

En cuanto a la taxonomía, el dominio de los gorilas es el de los *Eukarya*, corresponden al reino de los animales, se incluyen en el filo de los cordados, pertenecen a la clase de los mamíferos, están en el orden de los primates, forman parte de la familia los homínidos (Biología, 2016, p. 135) (que también contiene a los otros grandes simios y a los seres humanos) y son del género *Gorilla*. De este modo, sus parientes más próximos somos nosotros y los chimpancés: nos separamos de un ancestro común hace, más o menos, siete millones de años (Gorilla, s. f.). Además, estudios recientes sobre su ADN afirman que comparten con los humanos y las humanas el 97,7 % de los genes. Respecto a la clasificación, desde hace poco se distinguen dos especies de gorila: la occidental, de la que derivan la subespecie de llanura (*Gorilla Gorilla Gorilla*) —a la que pertenecen los ejemplares del zoo de Barcelona— y la del río Cross (*Gorilla gorilla diehli*), y la oriental, que incluye la subespecie también de llanura (*Gorilla beringei graueri*) y la de montaña (*Gorilla beringei beringei*) (Gorilla de plana occidental, s. f.). Se diferencian, por ejemplo, en el color del pelo, ya que los orientales lo tienen más oscuro (la subespecie de montaña, la que más) que los occidentales que, en su caso, los de la subespecie de llanura lo pueden tener marrón o grisáceo, con un tono rojizo en la frente.

Los gorilas son los primates de dimensiones mayores que hoy en día habitan la Tierra. Los machos adultos tienen una destacada cresta sagital, un relieve paralelo a la sutura sagital del cráneo. Estos, que como relataré después, ejercen de dominantes en una tropa, debido a la madurez (suelen tener más de doce años) presentan un característico pelaje canoso, de color de plata en el dorso y, en consecuencia, se denominan *espaldas plateadas*. Además, por si no tuvieran suficientes singularidades, poseen los caninos largos (Gorilla, s. f.). Excepcionalmente, vivió un gorila albino oculocutáneo: Copito de Nieve (Floquet de Neu, s. f.).



Estos carismáticos primates nidifican con ramas y hojas y viven en escenarios como selvas pantanosas y bosques de montaña a una altitud que, en el caso más extremo, alcanza los 4000 metros por encima del nivel del mar (Gorilla, s. f.).

Los gigantes suaves, a pesar de tener imagen de agresivos debido a películas e historias, son animales pacíficos y tímidos capaces de aceptar seres humanos en su entorno si los respetamos y no interferimos en sus hábitos y actividades cotidianas. Tienen una vida social parental y polígama: viven en grupos de tamaño variable entre dos y veinte miembros (Gorilla de plana occidental, s. f.), que en este caso, se denominan *tropas* (Gorilla, s. f.), cada una de las cuales suele estar formada por un macho adulto dominante o espalda plateada, varias hembras maduras y la descendencia (Gorilla de plana occidental, s. f.). Los primeros, aunque pasan poco tiempo con las crías, son el centro de atención, toman todas las decisiones, intervienen en los conflictos, determinan los movimientos de la tropa y se hacen responsables de su seguridad y su bienestar. Cuando el de un grupo muere, su rol puede ser heredado por un macho de la descendencia, pero habitualmente la tropa se dispersa y todo el mundo va a buscar un nuevo líder. En cuanto a las hembras, pasan con sus hijos y/o hijas los primeros tres o cuatro años y están muy unidas al espalda plateada para obtener oportunidades de apareamiento y protección contra los depredadores, mientras que entre ellas casi siempre se comportan violentamente. Por último, en relación con la descendencia, los machos suelen abandonar lentamente el grupo a los once años y pasan solos o con otros machos entre dos y cinco años, hasta que son capaces de atraer hembras y crear su propia tropa. Igualmente, con el tiempo la descendencia femenina también tiende a dejar su grupo natal. Sobre la comunicación, interactúan entre ellos, primeramente, a través de vocalizaciones: se conocen veinticinco clases diferentes y las usan, de manera principal, para hablar con su tropa cuando están en medio de una vegetación densa, para localizarse cuando están viajando, para avisar y para expresar satisfacción y bienestar. Además, también se relacionan por medio de expresiones faciales, posturas y demostraciones de fuerza, las cuales están más relacionadas con los conflictos.

Por lo que concierne a la comida, las familias de gorilas cuando no están descansando, viajan lideradas por la espalda plateada para conseguirla. De este modo, aunque entre especies se pueden observar pequeños cambios de dieta, son mayoritariamente herbívoros y se alimentan de hojas, brotes tiernos, fruta y, en mucha menos frecuencia, insectos como las hormigas y las termitas. En cuanto al agua, beben bastante poca, ya que la vegetación de la que se alimentan contiene mucha.

Nuestros primos peludos son muy inteligentes: ríen, se entristecen, establecen vínculos familiares fuertes, tienen preferencias individuales de color, piensan en el pasado y en el futuro y forman culturas con diferentes maneras de preparar los alimentos, aparte de que pueden dominar el lenguaje de signos como la famosa Koko, y fabrican y utilizan herramientas. Como no saben nadar, se



observó una hembra utilizando un palo para descubrir la profundidad del agua del pantano que estaba cruzando. Igualmente, se vio otra usando un tronco como soporte mientras cogía plantas de debajo del agua con la otra mano. Además, llamó la atención un ejemplar de solo dos años y medio usando dos piedras para romper una palmera de areca y extraer el aceite del interior.

Sobre las amenazas de los gorilas, varias enfermedades humanas como, mayoritariamente, la causada por el virus del ébola han exterminado muchos. Tocante a los otros animales, sus depredadores más habituales son los leopardos (Gorilla, s. f.). Sin embargo, la constante disminución de su población no se debe a nadie más que a aquellos que, a pesar de tener prohibido matarlos, los cazan de manera ilegal para comercializar su carne y, del mismo modo, destruyen su hábitat con el objetivo de introducir cultivos: los seres humanos. En consecuencia, actualmente las cuatro subespecies de gorila se encuentran, según la escala de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en peligro crítico de extinción (Gorilla de plana occidental, s. f.) y se cree que solo quedan un poco más de 360000 ejemplares (Gorilas: inteligentes, carismáticos y amenazados, s. f.).

### 3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Los problemas a resolver en este proyecto se basan en descubrir qué es lo que más hace un espalda plateada en el zoo de Barcelona, si es más solitario o más sociable, si realiza más conductas sociales dominantes o más agresivas y si estas clases son más llevadas a cabo con las hembras o con las crías.

Así, mis suposiciones iniciales eran que quizá lo que más haría sería descansar debido a las limitaciones del espacio donde vive, que quizá sería más solitario que sociable por el motivo de que no es joven, que quizá realizaría más conductas sociales dominantes que agresivas, ya que no puede estar con otros machos y, por último, que quizá estas conductas sociales dominantes las llevaría a cabo más con las crías y las agresivas serían más frecuentes con las hembras maduras, porque es el padre de las primeras y lo respetan y, además, tiene en cuenta no asustarlas por su corta edad.

Del mismo modo, con el objetivo de perfilar lo que demuestran los datos obtenidos y de entender el trabajo que lleva a cabo el zoo, preparadas preguntas como cuál es el motivo por el que el espalda plateada realiza la coprofagia, por qué no duermen en su instalación, cómo son entrenados y si las hembras toman anticonceptivos, he entrevistado a la primatóloga Maria Teresa Abelló Poveda, la conservadora de primates del parque desde 1996, que tras recibir la licenciatura en Biología, el doctorado en los Primates y el Origen del Hombre, también es presidenta de la EAZA Great Ape TAB, vicecoordinadora del EEP de gorilas y miembro del TAG OWM.

Finalmente, también ha sido de mi interés aprender cuál es el conocimiento



general sobre los gorilas por medio de una encuesta creada con Formularios de Google, que está dividida en una sección relacionada con los rasgos básicos, una que contiene los problemas a resolver en el estudio de conducta y otra con cuestiones que también ha contestado la conservadora.

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

El espalda plateada estudiado es Xebo, que como menciona el primer apartado, es un macho que pertenece a la especie occidental y a la subespecie de llanura (*Gorilla Gorilla Gorilla*) y, en consecuencia, no es híbrido. Nació el 6 de octubre de 1985 en cautividad en el zoo de Rotterdam de los Países Bajos y ahora, por lo tanto, tiene treinta y seis años. Del mismo modo, llegó al zoológico de Barcelona en 1996, cuando tenía once y después de convivir con muchos otros gorilas, hoy en día encabeza un grupo formado por cuatro individuos más: dos hembras maduras, Makena, que tiene dieciséis años y vino del zoo de Múnich en 2012, y Ngumbi, que hace ocho años nació en el parque de la Ciudad Condal y es su nieta —sin embargo, ha sido introducida en la tropa recientemente y solo ha influido en los últimos treinta minutos de registro—, y dos de sus hijas, Akiba, que es de Makena y tiene cinco años, y Mbini, la madre de la cual fue Matxinda —la última hija de Copito de Nieve en morir y hembra en abandonar la familia— y tiene, como su hermana, cinco años. Viven en una instalación de 385,12 m<sup>2</sup> naturalizada.

Además, para llevar a cabo este proyecto, tras realizar unas observaciones preliminares, he elaborado un catálogo de conductas y abreviaturas, el etograma, a través de un registro ad *libitum* de una duración de dos horas, durante las cuales he escrito todas las actividades propias del ejemplar, que posteriormente he organizado y descrito al máximo detalle. A continuación, he efectuado otra observación, la principal, en este caso de quince horas y treinta minutos, con la que he llenado treinta y una hojas de registro de dos clases de muestreo focal mediante Numbers: treinta y una discontinuas, diseñadas para contestar la primera cuestión con la anotación de la conducta que hace Xebo cada minuto durante períodos de treinta, y treinta y una más continuas, planteadas para solucionar las otras tres preguntas con la inscripción del intervalo de tiempo que dura cada comportamiento social del espalda plateada, la abreviatura de este y la individuo con la que lo hace, también de treinta minutos cada una.

### 5. RESULTADOS

En cuanto al primer problema, que trata de qué es lo que más hace Xebo, su conducta más habitual es descansar —permanecer sentado, con el cuerpo y las dos extremidades anteriores soportados por una estructura de la instalación y con las dos extremidades posteriores derechas en el suelo, de pie con las cuatro extremidades en el suelo o tumbado boca abajo, con los ojos abiertos y mirando cualquier punto—: pasa así un 65,45 % del tiempo. Las otras destacadas han sido comer —permanecer sentado con los ojos abiertos y mirando cualquier



punto, y preparar y masticar alimentos que hay en el suelo o entregados por los cuidadores y las cuidadoras o por el público—, que significa un 12,59 % de su vida en el parque, recoger comida —mientras se lleva o no comida, desplazarse a un ritmo moderado a cuatro patas utilizando todas las extremidades, la anterior derecha y la posterior izquierda al mismo tiempo y viceversa, coger alimentos del suelo o entregados por los cuidadores y las cuidadoras, y comérselos—, porque los resultados determinan que está un 6,66 % del rato realizándola, y caminar —la primera parte de la definición anterior—, que es exhibida un 5,52 % detrás de los cristales su instalación. Asimismo, realiza la coprofagia un 2,81 %, se rasca un 2,39 %, espanta insectos o pájaros un 1,77 %, se desparasita un 0,83 %, recibe el lugar un 0,42 %, es seguido igualmente un 0,42 %, bosteza un 0,31 %, come excreciones de la nariz y/o de los ojos también un 0,31 %, orina como antes un 0,31 % e intimida un 0,21 %.

En relación con el segundo problema, basado en si el espalda plateada es más solitario o más sociable, de los 55800 segundos de observación ha pasado solo 644 llevando a cabo conductas sociales —dominantes y agresivas—, mientras que durante los otros 55156 segundos ha realizado comportamientos solitarios. De este modo, está solo un 98,85 % de su vida e interactúa con su familia únicamente un 1,15 %.

Sobre el tercer problema, que plantea si el gorila realiza más conductas sociales dominantes o más agresivas, respecto a estos 644 segundos de comportamientos sociales, por un lado, 534 segundos, que son un 82,92 %, los ha destinado a conductas dominantes: recibir el lugar y ser seguido. Por otro lado, ha invertido 110 segundos, un 17,08 %, en las agresivas, que se dividen en intimidar, realizar una carga y probar de quitar la comida.

Otro punto es el cuarto problema, que toca si estas clases de comportamientos sociales son más llevadas a cabo por el macho dominante con las hembras o con las crías. Por lo que concierne a las conductas sociales dominantes, la más frecuente, porque representa un 48,91 %, recibir el lugar —caminar hacia una posición que ocupa una o unas miembros de la tropa y mientras se para o no, provocar que esta o estas se vayan y le dejen o no su comida— ha sido relacionada con una cría o con las dos crías en un 79,05 % de las ocasiones, mientras que, con una hembra, solo en un 6,98 %, y con individuos de ambas edades simultáneamente, en un 13,97 %. La otra, ser seguido —caminar y causar que una o unas miembros de la tropa sigan estos pasos—, que ocupa un 34,01 % entre todas, ha involucrado a una o a las dos crías en un 39,27 % del tiempo, una hembra madura, un 10,05 %, y una cría o ambas y una hembra a la vez, un 50,68 %. Asimismo, en referencia a los comportamientos sociales agresivos, el más repetido porque es un 15,68 %, intimidar —desplazarse a un ritmo rápido a cuatro patas utilizando todas las extremidades, en primer lugar, las dos anteriores al mismo tiempo y luego, las dos posteriores también a la vez, o permanecer de pie con las cuatro extremidades en el suelo y los ojos abiertos y mirando cualquier punto, y abrir la boca y mostrar los dientes para respectivamente per-



seguir o asustar otra miembro de la tropa con comida entregada por el público o sin ella, y respectivamente causar o no que este huya también a una velocidad elevada—, ha sido llevado a cabo con una o con las dos crías un 65,35 % y con ambas clases de compañeras, un 34,65 %, mientras que los dos actos restantes, minoritarios, porque resultan respectivamente un 0,93 % y un 0,47 %, realizar una carga —lanzar vegetación hacia un objetivo, adoptar una postura bípeda y correr hasta este para demostrar la fuerza y provocar que marche— y probar de quitar la comida —permanecer sentado con los ojos abiertos y mirando cualquier punto, y mover una extremidad anterior enérgicamente hacia la comida de otra miembro de la tropa para, sin éxito, tratar de quitársela—, las ha hecho únicamente con una hembra madura.

Como discusión, los datos demuestran que el papel de un gorila dominante en captividad es muy limitado. Sin embargo, ni esto ni la proximidad con las otras individuos provocada por las restricciones de la zona donde vive favorecen que sea sociable. De este modo, Xebo no lleva a cabo conductas sociales afectivas, parentales, sexuales ni lúdicas: siempre que se relaciona es dominante o agresivo. Adicionalmente, los resultados de esta clase de comportamientos sugieren que las crías son las que tienen menos poder en su familia.

Se puede deducir que el espalda plateada está más de la mitad del rato descansando porque en el zoo no debe defender a su familia de depredadores ni liderar los viajes para conseguir comida, que como señala el segundo apartado, son dos de sus funciones más importantes. De manera paralela, como relata en la entrevista su conservadora, Maria Teresa Abelló, desde hace un tiempo su instalación está pobre: faltan estímulos físicos, que ayudan a los animales captivos a aumentar su actividad y desarrollar más conductas como dice ese apartado. Igualmente, el motivo por el que una de cada cinco veces que vas a ver a Xebo está comiendo o recogiendo comida se encuentra en su dieta: está basada, principalmente, en frutas y verduras, que tienen un valor energético bajo y aportan escasos nutrientes. Sin embargo, como anota dicho apartado, la alimentación vegetariana de los gorilas contiene mucha agua y, por ello, no se lo ha observado bebiendo —como igual indica la dieta, en el recinto interior para el desayuno también toma un batido que incluye—. Así, si se vuelve a establecer una relación con lo que explica la conservadora de primates del zoo, que Xebo realice la coprofagia casi un 3 % de la muestra puede ser debido a que Matxinda, una hembra con la que vivió gran parte de su estancia en Barcelona, tenía este mal hábito.

Sobre la evidencia de que la conducta del macho dominante es casi por completo solitaria, según el apartado de los antecedentes, mientras que en libertad un espalda plateada no se relaciona con sus hijas tanto como sus respectivas madres, en un zoo estas tampoco necesitan estar con él para que las defienda de los peligros. Igualmente, en quince horas de las quince y media de registro solo ha convivido con una hembra madura y como relata este apartado, estos primates son polígamos.



Los comportamientos agresivos de Xebo son muy poco frecuentes en comparación con los dominantes porque los gorilas no son violentos, como aclara el segundo apartado, porque salvo en el caso de los últimos treinta minutos de registro, la familia no había recibido ningún miembro nuevo ni nueva desde hacía varios años y, además, porque debido a las restricciones de aforo por la pandemia causada por la COVID-19, no ha habido casi ningún día una cantidad muy elevada de público. Para terminar, la situación de captividad no altera su jerarquía en la tropa.

Asimismo, hay que resaltar que la inmensa mayoría de intimidaciones del macho dominante se producen cuando quiere sentarse delante de un cristal de la instalación en el que hay otras miembros para coger la comida —como pan y frutos secos— que el público está tirando. Adicionalmente, como comentario, el único intento de quitar la comida se produjo con Makena poco antes de la hora en que los cuidadores y las cuidadoras entregan la comida. Hay que hacer una mención específica también de que el momento en que Xebo realizó la carga era tenso: Makena corría continuamente alrededor de la instalación y daba golpes en la pared exterior. Por último, el hecho de que recibe el lugar y es seguido mucho más tiempo que ninguna otra conducta social implica la sensación que impone, sobre todo, en Akiba y Mbini.

## 6. CONCLUSIONES

Un espalda plateada —distinguido— en captividad no puede ser el mismo que en medio de la selva africana: con la colaboración de la ausencia de estímulos físicos, pasa la mayor parte del día descansando y, por lo tanto, la primera especulación es verdadera. Además, su conocida alimentación herbívora provoca que también pase un buen rato comiendo y recogiendo comida. En general, el resto del día camina y realiza la coprofagia, una conducta aberrante que, aunque suele ser un síntoma de malestar, en el caso de Xebo es debida a un mal hábito. Así, contrariamente al pensamiento de la mayoría, no socializa casi nada con su familia y realiza bastantes más conductas sociales dominantes que agresivas —estas siempre se producen en situaciones especiales—, hechos que comprueban respectivamente la segunda y la tercera hipótesis. Igualmente, estas conductas sociales dominantes (ser seguido y, sobre todo, recibir el lugar) son llevadas a cabo mayoritariamente con las crías, pero en cuanto a las agresivas, mientras que se ha observado una carga y un intento de quitar la comida solo a una hembra, intimidada más y más tiempo a sus hijas y, en consecuencia, solo la primera parte de la cuarta suposición es válida.

Adicionalmente, el zoo de Barcelona es más que un zoo. Como dice la conservadora de primates, el bienestar de sus animales es su primera prioridad: no duermen en la instalación que ve el público —a pesar de constar a pocos encuestados y encuestadas—, facilitan la socialización de los gorilas más tímidos mediante el juego y aplican descubrimientos como que la conducta materna no es innata con cordura. De este modo, dan anticonceptivos a las hembras



con el objetivo de que su población no se descontrole, ya que paralelamente a los proyectos *in situ*, a través de los EEP trabajan con el máximo de sus especies amenazadas para que la biodiversidad continúe identificando a la Tierra. Por consiguiente, si amamos a nuestro planeta, tenemos que empezar por el zoo.

Finalmente, de la encuesta se desprende que el conocimiento general sobre estos primates es regular, porque la contestación válida se ha impuesto en un poco más de la mitad de las preguntas. Así pues, además de la ignorancia que hay del comportamiento de un macho dominante en un zoo y de aspectos de la labor del de Barcelona, no se tiene la idea de que compartimos la lentitud en el desarrollo ni de que pueden pensar en el pasado y en el futuro, pero sí de su carácter y de quién forma una familia normal. De lo contrario, todo el mundo conoce a Copito de Nieve y lo instintivo ante una tropa es quedarse quieto o quieta. En efecto, aunque se sabe la proximidad taxonómica con nosotros y la culpa humana en su situación actual, se desconoce su grado de peligro crítico de extinción. Como sabe Maria Teresa Abelló, vivir en libertad no es vivir en el paraíso.

En definitiva, por un lado, es evidente que, si mi época preuniversitaria no hubiera coincidido con la pandemia y con mi lejanía de la Ciudad Condal, la muestra del estudio etológico habría sido mayor. Por otro lado, la experiencia ha sido inolvidable: desde el reencuentro con el parque en la entrada de la calle de Wellington hasta el momento en que la tropa prefirió despedirse y entrar a los dormitorios por el frío. La repetiría. La llamada del sueño, cada trayecto en taxi y tren, las sesiones iniciales, la estación de Francia, el primer día de observación al siguiente de que Messi enviara el burofax, las revisiones meteorológicas, todos los correos y encuentros, cada una de las horas de pie registrando debajo del cielo de Barcelona. Xebo, espérame: volveré. Mientras tanto, continúa dejando al mundo boquiabierto y girando como te encanta.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Cumplir los propósitos no suele ser sencillo. Estas páginas han sido posibles por la colaboración de los y las mejores. Por lo tanto, gracias, papas, por acompañarme en este viaje. Gracias, abuelos, por ofrecerme y por apoyarme siempre. Gracias, resto de familia, por demostrar que también puedo contar con vosotros. Gracias, Inés Masip Curto, por pautar el proyecto. Gracias, encuestados y encuestadas, por vuestro tiempo de fiabilidad. Gracias, zoo de Barcelona, por abrirme las puertas. Gracias, Gemma Morató Ferrando, por toda la tranquilidad y confianza. Gracias, Ana Suárez Regidor, por cada consulta y consejo. Gracias, Maria Teresa Abelló Poveda, por las respuestas interesantes. Gracias, Iris Palma Comas, por la clase y por las propuestas. Gracias, Makena, Akiba, Mbini y Ngumbi, por enseñarme tanto. Y gracias, Xebo, por dejar de ser una especie más a fotografiar aquel mediodía de mis ocho años. Gracias, Xebo, por convertirte en mi trabajo de investigación.



## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Biología. (2016), Barcelona (España), Editorial Santillana.

Floquet de Neu. (s.f.). Recuperado de <http://www.zoobarcelona.cat/ca/floquet-de-neu>

Gorilas: inteligentes, carismáticos y amenazados. (s.f.). Recuperado de [http://www.wwf.es/nuestro\\_trabajo/especies\\_y\\_habitats/gorila](http://www.wwf.es/nuestro_trabajo/especies_y_habitats/gorila)

Goril·la. (s.f.). Recuperado de <http://ca.wikipedia.org/wiki/Goril·la>

Goril·la de plana occidental. (s.f.). Recuperado de <http://www.zoobarcelona.cat/ca/animals/Gorilla-de-plana-occidental>

Goril·les del Zoològic de San Diego es contagien de Covid-19. (2021).  
Recuperado de <http://www.elperiodico.cat/ca/internacional/20210112/gorilles-zoologravegic-san-diego-contagien-11449426>

Main, D. (2018). Fallece Koko, la gorila que se comunicaba mediante lenguaje de signos. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.es/animales/2018/06/fallece-koko-la-gorila-que-se-comunicaba-mediante-lenguaje-de-signos>

Sánchez, D. (2020). El covid-19 activa la caza ilegal de gorilas. Recuperado de <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20200724/coronavirus-gorilas-8051415>





## Inteligencia artificial aplicada al diagnóstico precoz del melanoma

/ PREMIO FUNDACIÓN VENCER EL CÁNCER Y ESTANCIA CSIC

**AUTORA** | NURIA GONZÁLEZ CUESTA

**COORDINADORA** | ROSA RIERA PRENAFETA

**CENTRO** | IES FRANCESC MACIÀ

**CIUDAD** | CORNELLÀ DE LLOBREGAT, BARCELONA

### RESUMEN |

El objetivo de este trabajo de investigación es demostrar que la Inteligencia artificial (IA) puede ser de gran utilidad para diagnosticar determinadas enfermedades, como el melanoma o cáncer de piel.

En primer lugar, se explicará en qué consiste la inteligencia artificial y su aplicabilidad en medicina. Posteriormente, trataré el marco teórico sobre las enfermedades de la piel y los métodos de diagnóstico, llegando a la conclusión de que un diagnóstico precoz es fundamental para la curación.

La parte práctica del proyecto consistirá en el desarrollo de un programa informático que, a partir de una imagen, es capaz de determinar si se trata de un melanoma o no.

Para este proyecto he tenido que aprender a programar en Python y he conseguido una base de datos con 200 imágenes de lesiones de la piel, tanto benignas como malignas, analizadas previamente por especialistas médicos.

También he diseñado y entrenado 12 métodos diferentes de clasificación que combinan redes neuronales, árboles de decisión y random forest, con diferentes grupos de características.

Estos experimentos me han permitido determinar cuál es el método más preciso para diagnosticar la enfermedad, obteniendo un resultado de diagnóstico correcto del 94%, superior a la media obtenida por los especialistas médicos, que es del 86,6% actualmente.

Finalmente, he realizado pruebas con imágenes tomadas con mi teléfono móvil, obteniendo un resultado correcto.



Todo esto nos hace llegar a la conclusión definitiva de que un sistema de IA puede diagnosticar una enfermedad de la piel con más rapidez y precisión que un dermatólogo.

### ABSTRACT |

The objective of this research work is to prove that Artificial Intelligence (AI) can be very useful to diagnose certain diseases, such as melanoma, also known as skin cancer.

First, the study will show what artificial intelligence is and its applicability in medicine. Later, I will deal with the theoretical framework of skin diseases and diagnostic methods, reaching the conclusion that an early diagnosis is essential for healing.

The practical part of the project will present the development of a computer program that, based on an image, is capable of determining whether it is a melanoma or not.

For this project I had to learn to program in Python and I have obtained a database with 200 images of benign and malignant skin lesions, previously analysed by medical specialists. Moreover, I designed and trained 12 different grading methods combining neural networks, decision trees and random forest, with different groups of features.

These experiments enabled me to determine which is the most accurate method to diagnose the disease, obtaining a correct diagnostic result of a 94%, higher than the average obtained by medical specialists, which hits an 86.6%.

Finally, I took a test with an image taken with my mobile phone obtaining a correct result.

All this leads us to the ultimate conclusion that an AI system can diagnose a skin disease in a more quickly and accurate way than a dermatologist.



## 1. INTRODUCCIÓN

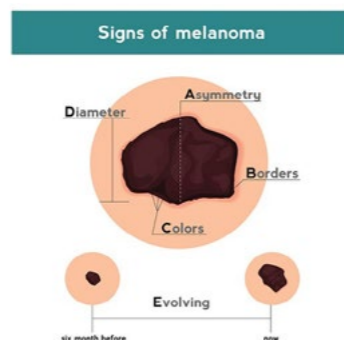
El proyecto consiste en el estudio del cáncer de piel y el método de diagnóstico, de los diversos sistemas de inteligencia artificial que se pueden utilizar para hacerlo de forma más eficiente, y finalmente la implementación de un software que mediante la IA es capaz de diagnosticar la enfermedad sin la intervención humana, con garantías y basado en estudios realizados por especialistas.

## 2. ANTECEDENTES

### DIAGNÓSTICO MÉDICO DEL MELANOMA

Los primeros signos o síntomas del melanoma suelen ser: un cambio en un lunar existente o la formación de un nuevo bulto pigmentado de aspecto inusual en la piel.

La regla ABCDE, en el caso del melanoma, es la que utilizan los médicos para distinguirlo de un nevus, un lunar normal.



### DIAGNÓSTICO PRECOZ

Según la Academia Española de Dermatología y Venereología (AEDV), el 80 por ciento de las personas que tienen un melanoma en etapas tempranas consiguen curarse con cirugía, el otro 20 por ciento, en el momento del diagnóstico tiene afectado un ganglio linfático y, de estos, la mitad hacen metástasis a distancia. **Por este motivo es muy importante detectar el melanoma precozmente.**

## 3. HIPÓTESIS

"Quizás mediante la inteligencia artificial se puede crear un programa informático que diagnostique el cáncer de piel más eficientemente que un dermatólogo."

Figura 01.  
Ref. rf123.com.



## 4. MÉTODOS

A partir de mi hipótesis he elaborado un estudio siguiendo el método científico hasta llegar a las conclusiones finales:



### REDES NEURONALES

Se caracteriza por imitar el funcionamiento de las redes neuronales de los organismos vivos: un conjunto de neuronas conectadas entre sí que trabajan conjuntamente, sin que haya una tarea concreta para cada una.

### ÁRBOLES DE DECISIÓN

Los árboles de decisión o 'Decision Trees' son un método de aprendizaje supervisado. Estos modelos de clasificación aprenden de los datos, y con un conjunto de reglas de decisión binarias (de sí o no) llegan al objetivo. Cuanto más profundo es el árbol, más complejas son las reglas de decisión y más ajustado es el modelo.

### RANDOM FOREST

El 'Random Forest' consta de una gran cantidad de árboles de decisión individuales que operan como un conjunto. Cada árbol individual en el bosque aleatorio da una predicción y la predicción con más votos se convierte en la predicción de nuestro modelo.

## 5. EXPERIMENTOS

Se han realizado 12 experimentos. A cada método de inteligencia artificial se le



aplicaron cuatro grupos de características diferentes.

- Características generales: son características escogidas al azar: simetría, los glóbulos, las rayas, las áreas de regresión y el azul.
- Con la regla ABCD: para poder crear los modelos siguiendo esta regla se deben extraer las características radiómicas de todas las imágenes y seleccionar las características de simetría, bordes, color y diámetro.
- Características más importantes: como los índices de precisión de los modelos anteriores eran bastante bajos en comparación con el de un dermatólogo, realicé otros modelos de clasificación para saber las variables que son importantes y luego poder implementarlas en un modelo definitivo que tuviera más precisión.
- Sin características irrelevantes: para mejorar la precisión del modelo anterior eliminé las características que no tenían importancia.

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Tabla 01.

| VARIABLES ALGORITMO              | MÉTODOS IA   |                   |               |
|----------------------------------|--------------|-------------------|---------------|
|                                  | RED NEURONAL | ARBOL DE DECISIÓN | RANDOM FOREST |
| Características generales        | 75%          | 76%               | 76%           |
| Características de la regla ABCD | 84%          | 86%               | 86%           |
| Características más importantes  | 84%          | 84%               | 84%           |
| Sin características relevantes   | 94%          | 88%               | 94%           |

En este cuadro se observan los índices de precisión de cada uno de los métodos utilizados:

### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En la tabla 02 se muestran las diferencias entre los diferentes modelos estudiados, con sus ventajas e inconvenientes.

Después de todas las pruebas realizadas he conseguido demostrar que el método consistente en las características de esfericidad, la medida del eje más pequeño, el perímetro, la irregularidad, la oscuridad del color, la oscuridad media y el rango de colores es el más preciso. No obstante, si utilizamos este método



Tabla 02.

|  |  |
|--|--|
| Características generales vs Características de la regla ABCD        | Para utilizar el modelo de las características generales hacen falta pocas características, en cambio la ventaja del modelo de las características de la regla ABCD es que tiene mucha precisión, gracias a que utiliza características que fueron estudiadas científicamente.   |
| Características generales vs Características más importantes         | El modelo con las características más importantes es mejor porque utiliza características mucho más relevantes para hacer la clasificación, como el diámetro o el eje más pequeño; aunque el modelo con las características generales se puede aplicar con pocas características.  |
| Características generales vs Sin características irrelevantes        | 84% La ventaja del modelo sin las características irrelevantes es que es muy preciso porque no utiliza características que desestabilicen el modelo de clasificación, pero hace falta extraer más características que para utilizar el modelo con las características generales, que sólo utiliza la asimetría y los colores.          |
| Características de la regla ABCD vs Características más importantes  | El modelo sin características irrelevantes es mejor porque es más preciso, se debe a que el modelo utilizando las características de la regla ABCD no tiene en cuenta parámetros importantes como la oscuridad de la imagen o el perímetro.  |
| Características de la regla ABCD vs Sin características irrelevantes | Como el modelo sin características irrelevantes sale de la eliminación de características que no ayudaban a la clasificación del modelo con las características más importantes, como el eje mayor o la elongación, el modelo con las características importantes es menos preciso que el modelo sin las características irrelevantes. |

con un sistema de 'Random Forest' o de Red Neuronal, el resultado obtenido es idéntico, 94% de precisión. Demostrando que cualquiera de los dos métodos podría ser igualmente válido para el tratamiento de la información que disponemos actualmente.

Si dispusiéramos de una base de datos más amplia el método 'Random Forest' podría ser más adecuado porque no suele haber sobreajuste. En cambio, si queremos añadir más características al modelo de clasificación, sería mejor utilizar una red neuronal porque con grandes cantidades de datos funciona mejor.

### 6. CONCLUSIONES

Finalmente podemos afirmar que el experimento ha sido exitoso, hemos conseguido demostrar que un sistema de IA puede diagnosticar con mucha precisión y velocidad si una lesión de la piel es o no un melanoma.

De las diferentes metodologías analizadas la que ha aportado resultados más satisfactorios ha sido la red neuronal y el 'random forest' sin utilizar características irrelevantes de las imágenes estudiadas, con una precisión en el diagnóstico del 94%, bastante superior a la media obtenida por los especialistas médicos con los métodos tradicionales, que es del 86,6%.

Un programa informático de inteligencia artificial podría facilitar el diagnósti-



co precoz, evitando la evolución de la enfermedad. Por otra parte, la IA podría determinar la evolución futura, utilizando algoritmos predictivos.

Este proyecto ha sido apasionante por todo lo que he podido aprender y me hace pensar que podría englobar otros campos.

Obviamente esta tecnología podría aplicarse para el diagnóstico de muchas otras enfermedades, como por ejemplo el Covid-19, analizando radiografías de los pulmones, ya que esta enfermedad en muchos casos desarrolla una neumonía, las principales características a investigar serían: la oscuridad de la lesión, el perímetro, los valores de los ejes, la uniformidad...

También se podría aplicar a cualquier diagnóstico basado en el estudio de imágenes, siempre que se haga una correcta elección de las características fundamentales.

## 7. BIBLIOGRAFÍA / WEBGRAFÍA

aecc. (2020). *todo-sobre-cancer*. Obtenido de cancer-piel, factores-de-riesgo: <https://www.aecc.es>

American Cancer Society. (2020). *cancer.org*. Obtenido de <https://www.cancer.org/>

Cavallé, J. R., & Foraster, C. F. (2020). *Nevus melanocíticos*.

Charniak, E., & McDermott, D. (1985). *Introduction to Artificial Intelligence*. Addison Wesley.

Clinic, M. (2020). *mayoclinic.org*. Obtenido de diseases-conditions: <https://www.mayoclinic.org>

Haugeland, J. (1985). *Artificial Intelligence: The Very Idea*. MIT Press.

Hintze, A. (2016). *Reactive Robots to Self-aware Beings*.

Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. (2008). *Artificial Intelligence in Radiology*. McMillan.

Mar, V. J., & Soyer, H. P. (2018). Artificial intelligence for melanoma diagnosis: how can we deliver on the promise? *Annals of Oncology*.

Martín, B. (18 de Octubre de 2018). Así ha pasado la inteligencia artificial de diagnosticar el cáncer a tratarlo. *El País*.

McDonald, R. J. (2015). *The effects of changes in utilization and technological advancements of cross-sectional imaging on radiologists workload*.

Morillo, H. (20 de Maig de 2018). Presente y futuro de la inteligencia artificial: cómo va a cambiar nuestro mundo. (M. Balbi, Entrevistador)

Norvig, P., & Russell, S. (2009). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall.



Ramonedá, A. (10 de 2019). *inteligencia-artificial-en-la-medicina*. Obtenido de Enzyme Advising group: <https://blog.enzymeadvisinggroup.com/>

Reed, K. (2011). *HealthGrades Patient Safety in*.

Rich, E., & Knight, K. (1991). *Artificial Intelligence*. McGraw-Hill.

Schalkoff, R. J. (1990). *Artificial Intelligence: An Engineering Approach*. McGraw-Hill College.

Society, A. C. (2020). *cancer.org*. Obtenido de cancer-de-piel-tipo-melanoma: <https://www.cancer.org/>



# TECNOLOGÍA E INGENIERÍA

---

## PRIMER PREMIO |

- 330 - **Evaluación de la aplicación exógena de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) para el control de la mala hierba acuática de los arrozales *Lemna minor L***  
RAQUEL JIMÉNEZ PÉREZ, GEMMA MUÑOZ GARCÍA  
Y JULIA VALLEJO CARRASCO.

## SEGUNDO PREMIO |

- 342 - **Análisis de datos de COPERNICUS para determinar el efecto de las restricciones de movilidad por la COVID-19 en la contaminación atmosférica**  
MIGUEL SOTO MARTÍN
- 355 - **Investigaciones acerca del asentamiento espacial en órbita**  
ANDREY PARRILLA PROKOPYEV

## TERCER PREMIO |

- 366 - **Grafeno ¿el futuro del espacio?**  
DANIEL GUERRERO MORENO

## ACCÉSIT |

- 380 - **El pozo canadiense. Ecosostenibilidad del confort y etiquetado energético de pa bellones deportivos. Caso del sureste de España (Archena)**  
MANUEL MESEGUER MEDINA



## Evaluación de la aplicación exógena de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) para el control de la mala hierba acuática de los arrozales *Lemna minor* L.

/ PRIMER PREMIO

**AUTORAS** | RAQUEL JIMÉNEZ PÉREZ, GEMMA MUÑOZ GARCÍA  
Y JULIA VALLEJO CARRASCO

**COORDINADOR** | JERÓNIMO DEL MORAL MARTÍNEZ

**CENTRO** | COLEGIO MARISTA NTRA. SRA. DEL CARMEN. CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA JOVEN MARISTA (CIC JM)

**CIUDAD** | BADAJOZ

### RESUMEN |

El problema de la gestión del control de las malas hierbas de los cultivos no deja de ser relevante en Extremadura y en España al reducirse la diversidad de productos fitosanitarios a aplicar y al aumentar la resistencia a los mismos, contemplándose insuficiente el empleo de un solo procedimiento para su control estable en el tiempo.

El presente trabajo ha evaluado el posible uso de la aplicación exógena, mediante pulverización, de distintas concentraciones de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en relación a su eficacia con respecto al control de la mala hierba acuática de los arrozales *Lemna minor* L., como un procedimiento más en la gestión integrada de su control.

La aplicación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en concentración al 4.5% en volumen, ha conseguido reducir superando el 70% la superficie verde del tapiz vegetal de la población de *L. minor*, llegando a una reducción en masa del 40%; todo ello sin alterar significativamente el pH del agua.

Los resultados obtenidos permiten abrir una línea de investigación con respecto a una estrategia a sumar para el control de malas hierbas acuáticas de los arrozales.



### ABSTRACT |

The problem of managing the control of crop weeds is still relevant in Extremadura and in Spain as the diversity of plant protection products to be applied is decreasing and resistance to them is increasing, and the use of a single procedure for their stable control over time is considered to be insufficient.

The present work has evaluated the possible use of the exogenous application, by spraying, of different concentrations of hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) in relation to its efficacy with respect to the control of the aquatic weed of rice fields *Lemna minor* L., as a further procedure in the integrated management of its control.

The application of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at a concentration of 4.5% by volume has achieved a reduction of more than 70% in the green surface of the vegetation cover of the *L. minor* population, reaching a reduction in mass of 40%; all this without significantly altering the pH of the water.



## INTRODUCCIÓN

El aumento poblacional de *Lemna minor* L. en los cultivos de arroz por inundación, supone un grave impacto ecológico, ya que puede cubrir fácilmente la superficie, minimizando la penetración de la radiación solar. De tal forma que inhibe el crecimiento de otros organismos fotosintéticos (Parr, Perkins y Mason, 2002) y reduce el contenido de oxígeno, lo cual afecta a otras especies acuáticas beneficiosas asociadas al cultivo del arroz. También afecta a la calidad del agua ayudando a la proliferación de mosquitos. En adición, supone un impacto económico alterando negativamente a la producción agrícola.

Extremadura es una de las grandes productoras de arroz en España, que es exportadora en Europa de este cultivo (MAPA, 2021) del que la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) prevé que no lleguen a evitar el hacer uso de las reservas mundiales de cara al año 2022 (FAO, 2021). Y es que, a pesar del aumento de la superficie de cultivo, las plagas, enfermedades y malas hierbas, reducen significativamente la producción del mismo (Díaz et al., 2017).

Son precisamente las malas hierbas las que están generando relevantes pérdidas económicas en el cultivo ( <https://www.agrodiario.com/texto-diario/mostrar/3221567/cae-30-produccion-arroz-pegos-resistencia-hierbas-debido-limitacion-herbicidas> ), debido especialmente a la aparición de resistencias a los herbicidas tradicionalmente usados (Heap, 2017) por lo que se están estableciendo distintas estrategias de cultivo (Sánchez et al., 2020).

Nuestro trabajo consiste en evaluar distintas concentraciones de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) en aplicación exógena sobre *Lemna minor* con el objetivo de estimar la concentración más adecuada con respecto a su efectividad para el control poblacional de la planta acuática, evitando el uso de otras sustancias químicas perjudiciales para los ecosistemas como es el herbicida glifosato (Nivia, 2000).

El peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), siendo una molécula común en el medio ambiente en concentraciones nano e incluso micromolares -al producirse de manera espontánea a partir de agua y materia orgánica por medio de la energía lumínica- (Li y Imlay (2018) citado en Smirnov y Arnaud, 2019 ), también es sintetizado naturalmente en los vegetales en condiciones fisiológicas normales, como producto de rutas metabólicas primarias y secundarias de la célula – fotorrespiración,  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos, biosíntesis de fitohormonas y crecimiento celular, entre otras- interviniendo en su síntesis enzimas localizadas en múltiples elementos celulares como son los peroxisomas, mitocondrias, cloroplastos y el citoplasma (Tiwari, S., Tiwari, Singh, Singh y Prasad, 2017; Smirnov y Arnaud, 2019).

Ante situaciones de estrés -abiótico o biótico- su producción y concentración a nivel celular se elevan (Liu y He, 2016) debido a su capacidad de señalización



celular activadora de distintas respuestas fisiológicas (Waszczak, Carmody y Kangasjärvi, 2018).

La intervención del peróxido de hidrógeno en plantas se ha demostrado relevante para la tolerancia a los estreses abióticos de temperatura, sequía y salinidad (Khan, Yusuf y Fariduddin, 2018); y ante los estreses bióticos interviene en los procesos de reforzamiento de la pared celular, de manera directa oxidativamente sobre los patógenos atacantes y activando las rutas de defensa mediadas por el ácido jasmónico (JA) y el ácido salicílico (SA), bien de manera localizada o sistémica (Lubaina y Murugan, 2017; Kao, Gonzalez y Bartel, 2018; Čamaga-jevica et al., 2019).

Sin embargo, cuando la producción-concentración de peróxido de hidrógeno es muy elevada, bien por síntesis endógena del vegetal, bien por aplicación exógena, el proceso que se activa es el de apoptosis o muerte celular programada (PCD) (Malerba y Cerana, 2019), generando una respuesta hipersensible (HR) -muerte celular rápida para contener el avance del posible patógeno invasor- (Terrón-Camero et al., 2018) situación que si no es capaz de solucionar el estrés biótico que mantiene la respuesta activa, provoca la muerte del vegetal (Pandey, Bhatt y Tiwari, 2019).

El peróxido de hidrógeno es una molécula común en el medio ambiente y participante de rutas metabólicas de defensa del vegetal, por cuyo mecanismo de acción, a determinadas dosis, permite formular la hipótesis de ser eficaz en el control de malas hierbas acuáticas de los arrozales, como *Lemna minor* L.

Por otra parte, en relación con el riesgo que puede sufrir la población por medio del peróxido de hidrógeno existente en el medio ambiente, el Instituto para la Salud y la Protección del Consumidor, de la UE, afirma que “No existe riesgo fisicoquímico para la población debido a la exposición al peróxido de hidrógeno indirectamente a través del medio ambiente” (European Chemicals Bureau, 2003).

A la petición a la UE del “Institut Technique de l’Agriculture Biologique” para que el peróxido de hidrógeno fuese autorizado como sustancia básica utilizable en protección de los vegetales, la Comisión Europea encargó un estudio a la European Food Safety Authority (EFSA, 2016). Dicha Agencia elaboró un informe en el que aparecen opiniones sobre la escasa o nula peligrosidad de este producto a concentraciones <5%.

La UE aprobó el peróxido de hidrógeno como “sustancia básica” con actividad bactericida y fungicida (European Commission, Plants, Pesticides Database, 2017) y en la “Lista comunitaria de sustancias activas aprobadas, excluidas y en evaluación comunitaria, sustancias de bajo riesgo, sustancias candidatas a la sustitución y lista de sustancias básicas” (MAPA, 2020), el peróxido de hidrógeno aparece como “sustancia básica” desinfectante para maquinaria agrícola (MAPA, 2020).



Y sin embargo, en los fondos de Sanidad vegetal de organismos oficiales de la UE no aparece ninguna referencia a la utilización o recomendación del peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$  como herbicida, funcionalidad que hemos demostrado con respecto a otras especies acuáticas en trabajos previos (Del Moral-Martínez, J., et al., 2020; Jiménez, R., et al., 2020).

De esta manera, la hipótesis de nuestro trabajo plantea que una aplicación exógena adecuada de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), de concentración de escasa o nula peligrosidad para el ser humano ni medio ambiente, pueda ser capaz de reducir la población de la planta acuática *Lemna minor L.* de manera significativa.

### MATERIALES Y MÉTODOS:

#### • Población de *Lemna minor L.*

Vasos de precipitados de vidrio de 1000ml de capacidad llenos de agua recogida del río Guadiana de los primeros 15cm de la superficie. Plantas visualmente sanas de *Lemna minor L.* recogidas en el mismo río y reproducidas vegetativamente en el laboratorio del colegio.

La unidad experimental está constituida por un recipiente con tantas plantas como sean necesarias para ocupar la mayor parte de la superficie de cada vaso de precipitados -86.54cm<sup>2</sup>-, con una masa en gramos dentro del intervalo de [20, 25], con oxigenación continua mediante bombas de aireación y en condiciones de luz natural y temperatura ambiente. (Trabajo desarrollado en Badajoz -Extremadura- durante los meses de abril a mayo de 2021).

#### • Variables (5 repeticiones para cada variable ensayada)

- A. Plantas pulverizadas con de  $H_2O$  destilada (CONTROL)
- B. Plantas pulverizadas con de  $H_2O_2$  al 1,5 % en volumen.
- C. Plantas pulverizadas con de  $H_2O_2$  al 3% en volumen.
- D. Plantas pulverizadas con de  $H_2O_2$  al 4.5% en volumen.

Obs: el volumen de pulverización se estimó previamente para cubrir toda la superficie de las plantas a tratar, resultando ser de 2ml por unidad experimental, constituyendo las disoluciones de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) a partir de peróxido de hidrógeno al 30% de la marca Sigma-Aldrich.

#### • Magnitudes a considerar

- Masa total de planta viva y muerta por unidad experimental.



- Superficie de color verde en selección RGB, mediante el software libre de análisis de imagen ImageJ ®.

- pH de cada unidad experimental mediante el pH-metro portátil de marca Hanna.

#### • Observación de variaciones en la biodiversidad

Se tomaron alícuotas de 1ml por unidad experimental para observar bajo el microscopio óptico.

#### • Tiempo de valoración y procedimiento matemático de análisis

Se realizaron valoraciones durante 15 días y se analizaron mediante un ANOVA con un error experimental de  $\alpha = 0,05$  (95% de confianza), haciendo uso de la aplicación on-line <http://www.physics.csbsju.edu/stats/anova.html>.

### RESULTADOS

Tras obtener las distintas masas de las plantas de las unidades experimentales, y transformar los datos en porcentajes, se observan diferencias significativas, -con una  $p < 0.0001$ - (Tabla 1), entre los distintos tratamientos, reflejándose una reducción en masa en torno al 40% con el tratamiento del 4,5% de  $H_2O_2$  a los 15 días de su aplicación (Figuras 1 y 4).

Como el dato de la reducción en masa contempla también la masa de vegetal muerto que aún se encuentra en flotación, también se estimó la reducción de superficie verde -que aún pudiese realizar fotosíntesis- que quedaba en cada recipiente, mostrando también diferencias altamente significativas -con una  $p < 0.0001$ - (Tabla 2) entre los distintos tratamientos, llegando en este caso a alcanzar reducciones superiores al 70% de superficie verde, a los 15 días de su aplicación, para los tratamientos de 3% y 4,5% (Figuras 2 y 4).

El pH no varió significativamente al aplicar los tratamientos con respecto al control, siendo su intervalo de variación de [0'06, 0'37] durante el período de observación en las distintas unidades experimentales. Al finalizar la experiencia, se observaron los valores de pH más elevados en todas las variables, situación que puede explicarse por el desarrollo de la actividad metabólica de las plantas en un medio acuático confinado sin renovación a un recipiente (Figura 3).

No se consiguieron reflejar cantidades relevantes de microorganismos en las distintas muestras de agua del Guadiana, por lo que la influencia de la aplicación de  $H_2O_2$  a los mismos no pudo ser evaluada.

Comparando los datos con la experiencia similar desarrollada anteriormente para el control de la planta acuática potencialmente invasora, *Linmobium*



Figura 01.

Variación del porcentaje de masa de la población de *L. minor* en función del tiempo.

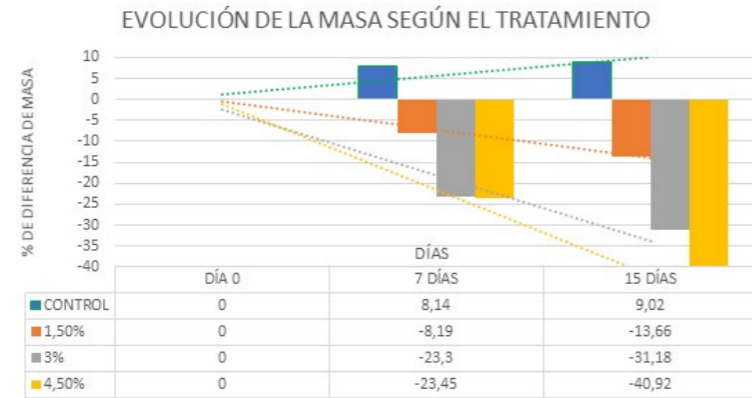


Figura 02.

Variación del porcentaje de superficie verde de la población de *L. minor* en función del tiempo.

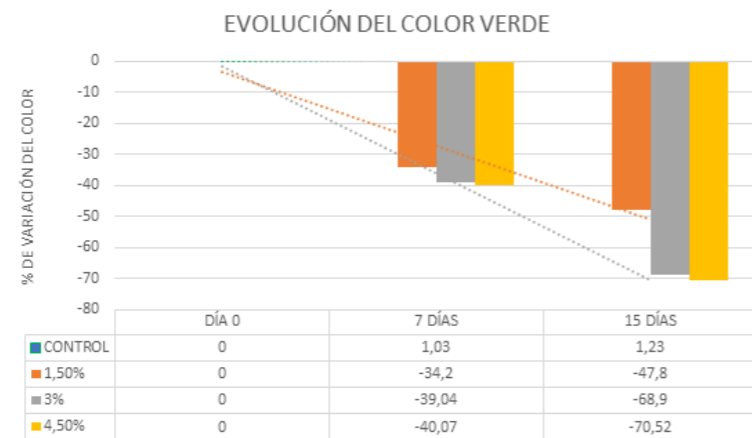


Figura 03.

Variación de los valores de pH del agua, de las distintas unidades experimentales, en función del tiempo.

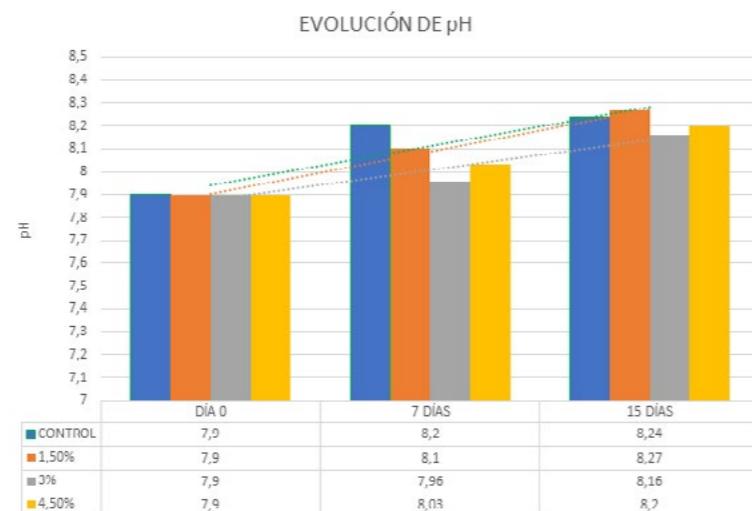


Tabla 01.

ANOVA de variación de masa de los distintos tratamientos, obtenidos desde la aplicación online <http://www.physics.csbsju.edu/stats/anova.html>

| SOURCE OF VARIATION | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARES | F     |
|---------------------|----------------|------|--------------|-------|
| BETWEEN             | 6019.          | 3    | 2006.        | 36.90 |
| ERROR               | 869.8          | 16   | 54.37        |       |
| TOTAL               | 6889.          | 19   |              |       |

The probability of this result, assuming the null hypothesis, is 0.000

Tabla 02.

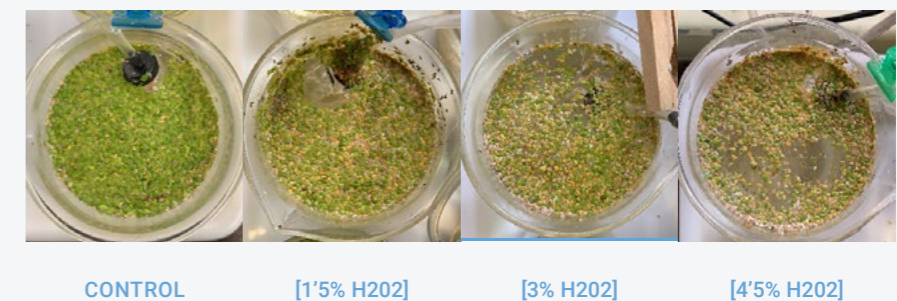
ANOVA de variación de superficie verde del tapiz vegetal tras la aplicación de los distintos tratamientos, obtenidos desde la aplicación online <http://www.physics.csbsju.edu/stats/anova.html>

| SOURCE OF VARIATION | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARES | F     |
|---------------------|----------------|------|--------------|-------|
| BETWEEN             | 1.8653E+04     | 3    | 6218.        | 513.8 |
| ERROR               | 193.6          | 16   | 12.10        |       |
| TOTAL               | 1.8847E+04     | 19   |              |       |

The probability of this result, assuming the null hypothesis, is 0.000

Figura 04.

Aspecto de las unidades experimentales tras los 15 días del tratamiento.





## CONCLUSIONES

1. La aplicación de peróxido de hidrógeno de concentración al 4,5% en volumen muestra mayor efectividad que las de 1,5% y 3% en la reducción de la población de la planta acuática plaga de los arrozales *Lemna minor L.*
2. El pH inicial del agua empleada en el estudio no sufre variación relevante tras aplicar los distintos tratamientos.
3. No se han obtenido resultados para poder evaluar alteraciones en la biodiversidad tras la aplicación de los distintos tratamientos.

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres que nos han permitido invertir tiempo en esta investigación y han compartido nuestra ilusión por desarrollarla.

A nuestro Colegio, y especialmente a nuestros profesores D. Guillermo Pérez Patrón y D. Jerónimo Del Moral Martínez por diseñar y coordinar sus asignaturas en las que hemos podido realizar esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Čamagajevac, I. Š., Maronić, D. Š., Pfeiffer, T. Ž., Bek, N., & Lončarić, Z. (2019). Nitric Oxide and Hydrogen Peroxide in Plant Response to Biotic Stress. In Nitric Oxide and Hydrogen Peroxide Signaling in Higher Plants (pp. 221-243). Springer, Cham.
- Del Moral-Martínez, J., Espinosa-Borreguero, F., Garrido-Carballo, I., Pérez-Patrón, G., Casadomet Cercas, E. y Del Moral De la Vega, J. (2020) Procedimiento eficaz para un posible control de arvenses en ecosistemas acuáticos mediante un metabolito del sistema de defensa de los vegetales. Encuentro Internacional Phytoma-España sobre 2020 Año Internacional de la Sanidad Vegetal: ciencia y profesión para producir más con menos. Córdoba (España)
- European Chemicals Bureau. (2003). <https://echa.europa.eu/documents/10162/a6f76a0e-fe32-4121-9d9d-b06d9d5f6852>
- European Commission, Plants, Pesticides Database, (2017). [https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance\\_detail&language=EN&selectedID=1459](https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance_detail&language=EN&selectedID=1459)
- FAO (2021) <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>



- European Food Safety Authority (EFSA) (2016). <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/sp.efsa.2016.EN-1091>
- Heap, I (2017). The international survey of herbicide resistant weeds. Online. Internet. Recuperado de: [weedsociety.com](http://weedsociety.com) (Accedido el: 20/02/2021)
- Jiménez, R. Muñoz, G. Vallejo, J. Evaluación de la aplicación exógena de distintas concentraciones de agua oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sobre la planta acuática potencialmente invasora *Limnobium laevigatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine (Hydrocharitaceae). Décimo congreso del Premio "Investigar en ciencias". Facultad de ciencias. Universidad Extremadura.
- Kao, Y. T., Gonzalez, K. L., & Bartel, B. (2018). Peroxisome function, biogenesis, and dynamics in plants. *Plant Physiology*, 176(1), 162-177.
- Khan, T. A., Yusuf, M., & Fariduddin, Q. (2018). Hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism: Signalling and its effect under abiotic stress. *Photosynthetica*, 56(4), 1237-1248.
- Li, X., & Imlay, J. A. (2018). Improved measurements of scant hydrogen peroxide enable experiments that define its threshold of toxicity for *Escherichia coli*. *Free Radical Biology and Medicine*, 120, 217-227.
- Liu, Y., & He, C. (2016). Regulation of plant reactive oxygen species (ROS) in stress responses: learning from AtRBOHD. *Plant cell reports*, 35(5), 995-1007.
- Lubaina, A. S., & Murugan, K. (2017). Reactive oxygen or nitrogen species (ROS/RNS) and response of antioxidants as scavengers during biotic stress in plants: an overview. *Kongunadu Research Journal*, 4(3), 45-50.
- Nivia, E. (2000). Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato. Recuperado de <http://www.glifocidio.org/docs/impactos%20generales/ig1.pdf> (Accedido el: 20/02/2021)
- Malerba, M., & Cerana, R. (2019). Reactive Oxygen and Nitrogen Species in Stress-Induced Programmed Death of Plant Cultured Cells. *Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production, Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms*, 813-820.
- MAPA (2020) [https://www.mapa.gob.es/agricultura/pags/fitos/registro/fichas/pdf/Lista\\_Sustancias\\_activasaceptadas\\_excluidas.pdf](https://www.mapa.gob.es/agricultura/pags/fitos/registro/fichas/pdf/Lista_Sustancias_activasaceptadas_excluidas.pdf)
- MAPA (2021) <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/arroz/default.aspx>
- Palmerín, J.A., Quiles, J.M., De Santiago, A. y Osuna, M.D. (2021) Estrategias de control de malas hierbas en el cultivo de arroz en Extremadura. *Phytoma España*, 328, 34-37.
- Pandey, S. S., Bhatt, R., & Tiwari, B. S. (2019). Plant Death: Short and Long Life Span to Immortality. In *Sensory Biology of Plants* (pp. 601-619). Springer, Singapore.



- Parr, L. B., Perkins, R. G., & Mason, C. F. (2002). Reduction in photosynthetic efficiency of *Cladophora glomerata*, induced by overlying canopies of *Lemna* spp. *Water research*, 36(7), 1735-1742.
- Sánchez, V. M. M., Flores, A. M. P., Baltazar, M. S. R., Saragoça, J. M. L., & Ramos, I. J. (2020). Contexto de la innovación en la ruralidad española: el caso del Arrozal Andaluz. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(2), 253-276.
- Smirnoff, N., & Arnaud, D. (2019). Hydrogen peroxide metabolism and functions in plants. *New Phytologist*, 221(3), 1197-1214.
- Terrón-Camero, L. C., Molina-Moya, E., Sanz-Fernández, M., Sandalio, L. M., & Romero-Puertas, M. C. (2018). Detection of reactive oxygen and nitrogen species (ROS/RNS) during hypersensitive cell death. In *Plant Programmed Cell Death* (pp. 97-105). Humana Press, New York, NY.
- Tiwari, S., Tiwari, S., Singh, M., Singh, A., & Prasad, S. M. (2017). Generation mechanisms of reactive oxygen species in the plant cell: An Overview. Revisiting the role of reactive oxygen species (ROS) in plants: ROS Boon or Bane for Plants, 1-22.
- Waszczak, C., Carmody, M., & Kangasjärvi, J. (2018). Reactive oxygen species in plant signaling. *Annual review of plant biology*, 69, 209-236.



## Análisis de datos de COPERNICUS para determinar el efecto de las restricciones de movilidad por la COVID-19 en la contaminación atmosférica

/ SEGUNDO PREMIO

**AUTOR** | MIGUEL SOTO MARTÍN

**COORDINADOR** | RAÚL MARTÍN GÓMEZ

**CENTRO** | IES PINTOR ANTONIO LÓPEZ

**CIUDAD** | TRES CANTOS-MADRID

### RESUMEN |

Proyecto de investigación que estudia el efecto que han tenido las medidas de restricción de la movilidad en la calidad del aire a consecuencia de la pandemia de la COVID-19. Para el desarrollo de la investigación, se han analizado el  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{CH}_4$  como indicadores de la contaminación atmosférica mediante los datos proporcionados por los satélites Sentinel del proyecto Copernicus. Se han descargado, procesado y analizado los datos, para ello se han implementado una serie de programas y algoritmos en los lenguajes de programación Python y R y en la herramienta Earth Engine, obteniendo resultados sobre la evolución de las variables contaminantes, antes, durante y después del confinamiento. Los resultados se han visualizado a través de mapas, mapas dinámicos, gráficos y tablas. También se ha creado una página web con diversa información del proyecto. Como conclusión, se puede demostrar, a través de los datos de Copernicus, que el confinamiento si ha afectado a la contaminación atmosférica, habiéndose observado una bajada en las concentraciones de las variables contaminantes, aunque se concluye que ha sido menor de lo que otros estudios han indicado.

Como un añadido del proyecto inicial, se ha utilizado el método desarrollado en esta investigación para realizar un estudio de la contaminación atmosférica ocasionada por el volcán Cumbre Vieja de La Palma a través de Copernicus, obteniendo como resultado diversos mapas y datos de los indicadores de calidad del aire y sobre el desplazamiento de los gases a otras áreas del planeta.



### ABSTRACT |

Research project that studies the effect that mobility restriction measures have had on air quality as a result of the COVID-19 pandemic. For the development of the research,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$  and  $\text{CH}_4$  have been analyzed as indicators of air pollution using data provided by the Sentinel satellites of the Copernicus project. The data has been downloaded, processed and analyzed, using a series of programs and algorithms that have been implemented in the Python and R programming languages and in the Earth Engine tool. Different results have been obtained on the evolution of the polluting variables, before, during and after the lockdown. These results have been visualized through maps, dynamic maps, graphs and tables. In addition, a web page has been created with various information about the project. In conclusion, it can be shown, through the Copernicus data, that the lockdown has affected air pollution, having observed a decrease in the concentrations of the polluting variables, although it is concluded that it has been less than other studies have indicated.

As a continuation of the initial project, the method developed in this research has also been used to carry out a study of atmospheric pollution caused by the Cumbre Vieja volcano of the La Palma through Copernicus, obtaining as a result various maps and data on air quality indicators and on the displacement of gases to other areas of the planet.



## INTRODUCCIÓN

La pandemia de coronavirus en la que estamos inmersos está haciendo que se replanteen muchos paradigmas de nuestro estilo de vida actual. Los colegios, las universidades, las empresas, industrias y organizaciones están cambiando la forma de realizar sus actividades habituales. Nadie se imaginaba que en tan poco tiempo cambiaría, de forma tan significativa, nuestra forma de estudiar, de trabajar o de realizar nuestro ocio o relaciones interpersonales.

Uno de los efectos visibles, derivados de estos cambios de hábitos, se ha visto reflejado en la contaminación, y en especial en la contaminación atmosférica, aunque también ha afectado a la contaminación del agua, del suelo y en la contaminación acústica, entre otras.

Se ha planteado realizar este trabajo de investigación con objeto de cuantificar el efecto que las restricciones de movilidad han tenido en la contaminación del aire. Para llevarlo a cabo, se ha realizado el estudio de varios indicadores asociados a los principales elementos contaminantes obtenidos a través del proyecto Copernicus, un proyecto de la Comisión Europea lanzado con el objetivo de observar la Tierra desde el espacio, para entender mejor los cambios ambientales que se producen, de forma que se pueda contribuir a la protección del medio ambiente, la salud y seguridad de los ciudadanos.

## ANTECEDENTES

Debido a la problemática social generada por la pandemia, toda la comunidad científica se ha puesto a trabajar intensamente en proyectos que, además de los que intentan buscar una solución definitiva al virus mediante la vacuna, intentan conocer el comportamiento del virus para así poder predecir su evolución y sus posibles efectos. Así, durante estos últimos meses, se han realizado infinidad de proyectos relacionados con la COVID-19, muchos de ellos en el ámbito del análisis de datos, la informática y las matemáticas.

Igualmente, desde la Comisión Europea, a través del proyecto Copernicus, se está realizando un importante esfuerzo para fomentar la investigación a través de los datos que proporcionan a través de la observación espacial de la Tierra mediante una red de satélites, con el objeto de entender mejor los cambios ambientales que se producen, los motivos de esos cambios y la influencia de estos en nuestras vidas. Copernicus proporciona una serie de datos y servicios de forma gratuita para que la comunidad científica los pueda utilizar en sus respectivas áreas de aplicación. Tras conocer las posibilidades que ofrece Copernicus, junto con la preocupación sobre el medio ambiente, han incentivado al autor a abordar un proyecto de investigación sobre esta temática.

Este ha resultado ser un tema de interés para la comunidad científica, pues paralelamente a esta investigación, se han ido publicando otras investigaciones



y artículos científicos sobre ello, que analizan la situación en distintos lugares del mundo: Inglaterra (Liza Selley, Santos Leal, & Martins, 2021), Nueva York (USA) (Bashir, y otros, 2020), China (Xu, 2020), India (Sharma, y otros, 2020), São Paulo (Brasil) (Nakada & Urban, 2020), Italia (Fattorini & Regoli, 2020) y otros lugares.

También en España se han realizado interesantes investigaciones como las llevadas a cabo por científicos de Ecologistas en Acción con título “Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España” (Ecologistas en Acción, 2020), por miembros del CSIC centrada en la ciudad de Barcelona titulada “Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic” (Tobías, y otros, 2020) c, la de investigadores de Valencia (Briz-Redón, Belenguer-Sapiña, & Serrano-Aroca3, 2020) titulada “Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: A multi-city study”, o la del grupo de investigación Genyo de la Universidad de Granada, titulada: “DatAC: A visual analytics platform to explore climate and air quality indicators associated with the COVID-19 pandemic in Spain” (Martorell-Marugán, y otros, 2020).

Incluso desde Copernicus y la ESA (Agencia Espacial Europea), viendo el interés científico de estas investigaciones, han creado una herramienta RACE (Rapid Action on COVID-19 and Earth Observation) (ESA; European Commission, 2020) con el objeto de ayudar a los investigadores y a las autoridades públicas de los estados, a realizar posibles investigaciones y a tomar las acciones correctivas oportunas, durante estos tiempos tan complicados.

Este proyecto, aunque se interrelaciona con todos los anteriores, es diferenciador puesto que centra la investigación en Europa y obtiene los datos directamente desde el satélite Sentinel-5P de Copernicus, en lugar de utilizar los datos de las estaciones de medición terrestre, aunque se utilizarán estos últimos también para validar las conclusiones.

## HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Debido a la paralización de la actividad industrial y comercial durante los primeros confinamientos, era de esperar una bajada general de las concentraciones de gases contaminantes en la atmósfera. A partir de esta observación y de las preguntas formuladas previamente sobre ello, se han planteado inicialmente las siguientes hipótesis de trabajo:

1. El confinamiento por la COVID-19 ha afectado significativamente a la contaminación atmosférica.
2. La contaminación atmosférica afecta a la propagación del virus.

Aunque había indicios de que la segunda hipótesis podría ser cierta (Srivastava, 2020), finalmente durante el desarrollo del proyecto nos ha faltado datos empí-



ricos y herramientas para poder investigarla, así que el proyecto se ha centrado fundamentalmente en el estudio de la primera hipótesis, que si se ha podido investigar profundamente a través de los datos e información que nos proporciona Copernicus. Por lo que la investigación se ha centrado fundamentalmente en comprobar si esta primera hipótesis es verdadera o falsa y en cuantificarla.

El objetivo planteado con este proyecto es investigar sobre la posible correlación entre la COVID-19 y los efectos de la contaminación atmosférica en Europa, a consecuencia de la reducción de la movilidad que se ha producido durante el confinamiento que ha tenido lugar en muchos países del mundo.

Aunque en un principio se había planteado realizar la investigación para todos los países de Europa, los problemas en el procesamiento del volumen de datos utilizados y la capacidad de almacenamiento requerida para guardarlos, ha obligado a cambiar los objetivos iniciales, reduciendo el área de estudio finalmente a estos 15 países de Europa Occidental: Alemania, Austria, Bélgica, Chequia, Croacia, Dinamarca, Eslovenia, España, Francia, Irlanda, Italia, Países Bajos, Reino Unido, y Suiza. Dentro de España también se han analizado las comunidades autónomas y las provincias. El cambio en los objetivos inicialmente planteados no resulta relevante para las conclusiones finales, puesto que la muestra de países es lo suficientemente amplia y significativa por lo que los resultados se podrían extrapolar a otros países del entorno.

Los gases analizados han sido:  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  que son los proporcionados por el satélite Sentinel-5P, aunque también se han utilizado otros datos proporcionados por la EEA (European Environment Agency, 2020).

Para el desarrollo de la investigación se ha seguido el método científico y se han desarrollado una serie de programas en los lenguajes Python y R, que junto con la herramienta Earth Engine, han permitido obtener una serie de resultados en las diferentes tareas de la fase de experimentación y desarrollo del proyecto:

Figura 01.

Tareas de experimentación y desarrollo del proyecto.



## RESULTADOS

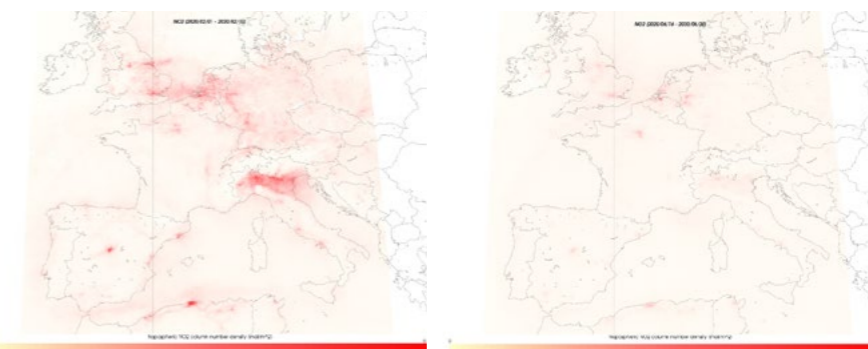
Una vez procesados y tratados los datos con los diferentes programas realizados se han obtenido como resultado:

- **120 mapas** (24 mapas x 5 indicadores): Un mapa para cada indicador estudiado y para cada quincena durante los 6 primeros meses del 2019 y del 2020.
- **75 gráficos** comparativos por indicador y país (15 países x 5 indicadores) y otros 75 gráficos con los datos sólo del año 2020: Una gráfica por cada indicador y elemento comparando la situación de los 6 primeros meses del 2019 y 2020.
- **19 mapas** en Earth Engine donde se compara la situación antes y después del confinamiento en 14 ciudades europeas y otros lugares.
- **Una página web** (<https://miguelso.eu/proyectoBE>) que recoge información del proyecto y que dispone de información más detallada para España a nivel de Comunidades Autónomas y Provincias con datos obtenidos de repositorios de datos públicos.

Con todos estos resultados se ha podido comprobar que, en la mayoría de los casos estudiados, los indicadores analizados disponen de valores menores después del confinamiento que antes de este, aunque no todos los gases han tenido un comportamiento equivalente.

Figura 02.

Comparativa del  $\text{NO}_2$  antes (1-15 feb. 2020) y después (16-30 jun. 2020) del confinamiento (elaboración propia).



El contaminante en el que mejor se observa el cambio es el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), ha sido el indicador que más rápido ha reflejado la reducción de la movilidad producida en el primer confinamiento. El  $\text{NO}_2$  ha disminuido de forma considerable justo al poco de producirse las restricciones en comparación con otros elementos como, por ejemplo, el  $\text{O}_3$  o el  $\text{CO}$ . Comparando un periodo de tiempo antes del confinamiento con otro posterior (una vez que las restricciones se empiezan a flexibilizar) tenemos estos mapas que se muestran en la Fig.2.

Más concretamente, en países que fueron inicialmente más golpeados por la pandemia y que, consecuentemente, tuvieron medidas más duras como puede

ser el caso de España o Italia, vemos que, de febrero a junio de 2020, la concentración de NO<sub>2</sub> media baja un 26,5% y un 50.2% respectivamente. Si hacemos una estadística general, de febrero a junio de 2020, la concentración de NO<sub>2</sub> baja en media un 20% en los distintos países que hemos analizado.

|                 | 2019        | 2020        | pre         | lockdown    | post        | Enero       | Febrero     | Marzo       | Abril       | Mayo        | Junio       |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| España          | 2,27951E-05 | 2,21491E-05 | 2,67591E-05 | 1,90555E-05 | 1,91282E-05 | 2,99861E-05 | 2,60462E-05 | 1,98717E-05 | 1,78194E-05 | 2,01173E-05 | 1,91282E-05 |
| Portugal        | 2,12991E-05 | 2,12416E-05 | 2,37351E-05 | 1,98043E-05 | 1,84929E-05 | 2,66906E-05 | 2,19697E-05 | 2,0734E-05  | 1,92737E-05 | 2,01895E-05 | 1,84929E-05 |
| Francia         | 2,59237E-05 | 2,5487E-05  | 2,67711E-05 | 2,65297E-05 | 1,95923E-05 | 3,09483E-05 | 2,43596E-05 | 2,45631E-05 | 2,73357E-05 | 2,59195E-05 | 1,95923E-05 |
| Irlanda         | 1,45352E-05 | 1,33104E-05 | 8,88925E-06 | 1,69909E-05 | 1,46567E-05 | 8,87611E-06 | 8,06438E-06 | 1,13629E-05 | 1,91834E-05 | 1,7001E-05  | 1,46567E-05 |
| Reino Unido     | 3,11461E-05 | 2,94156E-05 | 2,97947E-05 | 3,17444E-05 | 2,4173E-05  | 3,34714E-05 | 2,66901E-05 | 3,23438E-05 | 3,2074E-05  | 2,74174E-05 | 2,4173E-05  |
| Bélgica         | 6,14748E-05 | 5,04065E-05 | 5,02304E-05 | 5,68756E-05 | 3,38991E-05 | 5,04E-05    | 4,81814E-05 | 5,59685E-05 | 6,03434E-05 | 5,24308E-05 | 3,38991E-05 |
| Dinamarca       | 2,54244E-05 | 2,24252E-05 | 2,31874E-05 | 2,33623E-05 | 1,8635E-05  | 3,07133E-05 | 1,59009E-05 | 2,29365E-05 | 2,58493E-05 | 2,09707E-05 | 1,8635E-05  |
| Países Bajos    | 6,46754E-05 | 5,56382E-05 | 6,53157E-05 | 5,45591E-05 | 3,97192E-05 | 7,36712E-05 | 6,05349E-05 | 5,82594E-05 | 5,8972E-05  | 4,6747E-05  | 3,97192E-05 |
| Alemania        | 4,42539E-05 | 3,97461E-05 | 4,68073E-05 | 3,73175E-05 | 2,63475E-05 | 5,30837E-05 | 4,27046E-05 | 4,3894E-05  | 3,98832E-05 | 3,24605E-05 | 2,63475E-05 |
| Italia          | 3,90817E-05 | 3,48458E-05 | 4,94857E-05 | 2,69556E-05 | 2,37545E-05 | 5,57078E-05 | 4,77991E-05 | 2,88106E-05 | 2,71828E-05 | 2,60506E-05 | 2,37545E-05 |
| Suiza           | 2,26098E-05 | 2,36921E-05 | 2,48795E-05 | 2,39915E-05 | 1,98369E-05 | 2,98929E-05 | 2,3552E-05  | 2,14693E-05 | 2,39911E-05 | 2,31581E-05 | 1,98369E-05 |
| Eslovenia       | 3,17223E-05 | 2,94717E-05 | 4,1877E-05  | 2,30658E-05 | 1,74012E-05 | 5,15361E-05 | 3,78969E-05 | 2,54759E-05 | 2,33579E-05 | 2,07122E-05 | 1,74012E-05 |
| República Checa | 3,80592E-05 | 3,50678E-05 | 4,37671E-05 | 3,11892E-05 | 2,20166E-05 | 5,20028E-05 | 3,75366E-05 | 3,71902E-05 | 3,30391E-05 | 2,67053E-05 | 2,20166E-05 |
| Austria         | 2,46185E-05 | 2,59437E-05 | 3,13442E-05 | 2,2621E-05  | 2,06154E-05 | 3,75416E-05 | 2,80735E-05 | 2,22953E-05 | 2,41693E-05 | 2,25318E-05 | 2,06154E-05 |
| Croacia         | 2,59004E-05 | 2,44941E-05 | 2,92451E-05 | 2,24962E-05 | 1,72278E-05 | 3,09063E-05 | 3,02879E-05 | 2,47905E-05 | 2,3488E-05  | 2,03805E-05 | 1,72278E-05 |

Figura 3. Tabla de medias de valores (mol m<sup>-2</sup>) del NO<sub>2</sub> para diferentes periodos de tiempo.



Figura 4. Evolución del NO<sub>2</sub> en España.

Si la comparación la hacemos localmente con ciudades como Madrid, Barcelona o la zona norte de Italia, se puede apreciar una gran diferencia de la situación del NO<sub>2</sub>, antes y después del confinamiento como se muestra en la Fig.5.

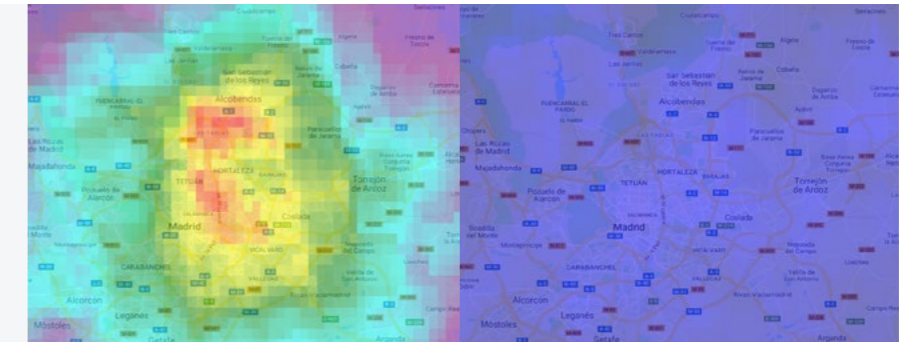
Ha resultado curioso que el O<sub>3</sub> ha tenido su máximo justamente en el inicio del confinamiento (mes de marzo), pero finalmente ha disminuido hasta llevar al valor mínimo de todo el periodo estudiado en el mes de junio (véase Fig.6).

Algo similar ha ocurrido con el CO (Fig.7). Llama la atención que este contaminante ha subido bastante en 2020 con respecto a sus valores 2019 y eso que, una vez pasado el confinamiento, ha tenido el mínimo del periodo analizado en todos los países. Esto indica que, para este contaminante, proveniente principalmente de la combustión de combustibles fósiles y la oxidación atmosférica

del metano, se reflejan más lentamente los cambios en la atmósfera puesto que, como ocurre con el CH<sub>4</sub>, es un gas más estable y tiene una duración mayor.

Figura 05.

Comparativa de Madrid antes y después del confinamiento (elaboración propia con Earth Engine).



|                 | 2019        | 2020        | pre         | lockdown    | post        | Enero       | Febrero     | Marzo       | Abril       | Mayo        | Junio       |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| España          | 0,150540426 | 0,146562164 | 0,144155455 | 0,149995179 | 0,143412428 | 0,148538866 | 0,136023111 | 0,15168762  | 0,153233129 | 0,145538488 | 0,143412428 |
| Portugal        | 0,150096291 | 0,146637499 | 0,143178896 | 0,151409348 | 0,14390308  | 0,146101861 | 0,135339739 | 0,150516334 | 0,156401696 | 0,14669766  | 0,14390308  |
| Francia         | 0,157049798 | 0,151498945 | 0,150382348 | 0,153217266 | 0,149974579 | 0,150137983 | 0,145246524 | 0,161654366 | 0,152171217 | 0,149378134 | 0,149974579 |
| Irlanda         | 0,161896542 | 0,156743087 | 0,157941873 | 0,157263779 | 0,152357407 | 0,147263819 | 0,165882934 | 0,16706971  | 0,155636797 | 0,15462893  | 0,152557407 |
| Reino Unido     | 0,16224273  | 0,156618053 | 0,158913871 | 0,155986487 | 0,151816476 | 0,145775105 | 0,164782411 | 0,170106084 | 0,152355395 | 0,155107188 | 0,151816476 |
| Bélgica         | 0,159380605 | 0,15376618  | 0,154029637 | 0,154878999 | 0,150307929 | 0,145729953 | 0,156071194 | 0,165765099 | 0,151187856 | 0,153489033 | 0,150307929 |
| Dinamarca       | 0,1590769   | 0,156808641 | 0,156550834 | 0,160249211 | 0,148129246 | 0,142746135 | 0,164278614 | 0,173944413 | 0,148559446 | 0,163129842 | 0,148129246 |
| Países Bajos    | 0,159511346 | 0,15527022  | 0,154182476 | 0,157877205 | 0,150805686 | 0,144743314 | 0,159307421 | 0,168785583 | 0,152146248 | 0,155848741 | 0,150805686 |
| Alemania        | 0,156635152 | 0,154561046 | 0,156620744 | 0,154938548 | 0,148050364 | 0,146538487 | 0,158204991 | 0,169103748 | 0,14975465  | 0,155584059 | 0,148050364 |
| Italia          | 0,15657109  | 0,15114145  | 0,150160569 | 0,15363925  | 0,146370941 | 0,15220448  | 0,145063011 | 0,161486415 | 0,152282007 | 0,148932595 | 0,146370941 |
| Suiza           | 0,155517276 | 0,151607391 | 0,151780615 | 0,153172101 | 0,147204623 | 0,15115081  | 0,147220718 | 0,163969566 | 0,149750172 | 0,149863509 | 0,147204623 |
| Eslovenia       | 0,155709519 | 0,15379409  | 0,153331759 | 0,156436795 | 0,147279636 | 0,15235165  | 0,150765802 | 0,167530509 | 0,151787816 | 0,152790845 | 0,147279636 |
| República Checa | 0,154883516 | 0,155468143 | 0,157186091 | 0,157153947 | 0,146846377 | 0,147856341 | 0,159801215 | 0,171437307 | 0,150021847 | 0,156671516 | 0,146846377 |
| Austria         | 0,154714492 | 0,153655677 | 0,154627193 | 0,155333317 | 0,146920943 | 0,153451131 | 0,153147956 | 0,168097183 | 0,149751199 | 0,156188928 | 0,146920943 |
| Croacia         | 0,156206316 | 0,154074683 | 0,155250751 | 0,15563488  | 0,147155617 | 0,152598152 | 0,152332021 | 0,166456987 | 0,152590088 | 0,152931718 | 0,147155617 |

Figura 06. Tabla de medias de valores (mol m<sup>-2</sup>) del O<sub>3</sub> para diferentes periodos de tiempo.

|                 | 2019      | 2020      | pre       | lockdown  | post      | Enero     | Febrero   | Marzo     | Abril     | Mayo      | Junio     |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| España          | 0,0302681 | 0,0304365 | 0,0300683 | 0,0318657 | 0,0275919 | 0,0295146 | 0,0305277 | 0,0311629 | 0,0329748 | 0,0308837 | 0,0275919 |
| Portugal        | 0,0317871 | 0,0319076 | 0,031647  | 0,0334238 | 0,0288784 | 0,0312349 | 0,0315771 | 0,033062  | 0,0337851 | 0,032378  | 0,0288784 |
| Francia         | 0,0325375 | 0,0330954 | 0,0332243 | 0,0348596 | 0,0283624 | 0,0324493 | 0,033325  | 0,0350391 | 0,0359699 | 0,0334556 | 0,0283624 |
| Irlanda         | 0,0327965 | 0,0334232 | 0,0337678 | 0,0351995 | 0,0279166 | 0,0330789 | 0,0339981 | 0,0358332 | 0,0362538 | 0,0336077 | 0,0279166 |
| Reino Unido     | 0,0330161 | 0,0336049 | 0,0339569 | 0,0355405 | 0,0282029 | 0,0334146 | 0,0334054 | 0,0360157 | 0,0367834 | 0,0338073 | 0,0282029 |
| Bélgica         | 0,0341566 | 0,0347719 | 0,034979  | 0,0367274 | 0,0295374 | 0,0342223 | 0,0348776 | 0,0371661 | 0,0378274 | 0,0350616 | 0,0295374 |
| Dinamarca       | 0,0345792 | 0,0349678 | 0,0357648 | 0,0364201 | 0,0294744 | 0,0353475 | 0,0357877 | 0,0374078 | 0,038059  | 0,0339322 | 0,0294744 |
| Países Bajos    | 0,034765  | 0,0352961 | 0,0355175 | 0,0370709 | 0,0300317 | 0,0350949 | 0,0354568 | 0,0376466 | 0,0383622 | 0,0352073 | 0,0300317 |
| Alemania        | 0,0341193 | 0,0345176 | 0,0349877 | 0,0360535 | 0,0296647 | 0,0342113 | 0,0348275 | 0,0366395 | 0,0374248 | 0,0343637 | 0,0296647 |
| Italia          | 0,0322788 | 0,0327443 | 0,0326865 | 0,0342195 | 0,0287432 | 0,0324275 | 0,032828  | 0,0340168 | 0,0357485 | 0,0327163 | 0,0287432 |
| Suiza           | 0,0285924 | 0,0292094 | 0,0291273 | 0,0307278 | 0,0255655 | 0,0290408 | 0,0290508 | 0,0301458 | 0,0319526 | 0,0294868 | 0,0255655 |
| Eslovenia       | 0,0325696 | 0,0329066 | 0,0333625 | 0,034211  | 0,0283516 | 0,0331633 | 0,0332803 | 0,0343912 | 0,0361496 | 0,0321501 | 0,0283516 |
| República Checa | 0,0335766 | 0,0336563 | 0,0340783 | 0,0350364 | 0,0290875 | 0,0334012 | 0,0340083 | 0,0358007 | 0,0366693 | 0,0330044 | 0,0290875 |
| Austria         | 0,0306788 | 0,0310696 | 0,0312958 | 0,0324176 | 0,027052  | 0,0310675 | 0,0310749 | 0,0325762 | 0,0342461 | 0,0304423 | 0,027052  |

Figura 07. Tabla de medias de valores (mol m<sup>-2</sup>) del CO para diferentes periodos de tiempo.

El  $\text{SO}_2$ , un contaminante fundamentalmente de origen antropogénico y que tiene una afección muy negativa en la salud humana y en el clima, también ha aumentado sus valores desde 2019 a 2020, pero ha reflejado rápidamente el efecto del confinamiento bajando ya en el mes de abril y mayo (Fig.8).

|                 | 2019         | 2020        | pre         | lockdown    | post         | Enero       | Febrero      | Marzo       | Abril        | Mayo         | Junio        |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| España          | 4,10782E-05  | 7,52034E-05 | 0,000137146 | 3,24079E-05 | 3,78107E-05  | 0,000130541 | 0,000195759  | 3,24768E-05 | 3,18147E-05  | 3,04347E-05  | 3,78107E-05  |
| Portugal        | 4,75784E-05  | 6,57782E-05 | 8,24879E-05 | 4,63662E-05 | 7,00358E-05  | 9,10009E-05 | 0,000130045  | 1,36187E-06 | 4,22517E-05  | 6,12703E-05  | 7,00358E-05  |
| Francia         | 3,64721E-05  | 9,45375E-05 | 0,000185375 | 3,28302E-05 | 2,07419E-05  | 0,000219173 | 0,000186814  | 9,97647E-05 | 4,20228E-05  | 5,86873E-07  | 2,07419E-05  |
| Irlanda         | 7,52644E-05  | 8,42701E-05 | 0,000162906 | 4,39193E-05 | 9,66469E-06  | 8,16766E-05 | 0,000323389  | 4,72997E-05 | 7,86116E-05  | -1,10229E-05 | 9,66469E-06  |
| Reino Unido     | 4,8837E-05   | 0,000127399 | 0,000227259 | 6,05876E-05 | 1,36688E-05  | 0,000225572 | 0,000351567  | 6,47956E-05 | 8,26757E-05  | 3,86312E-05  | 1,36688E-05  |
| Bélgica         | 1,42516E-05  | 7,51843E-05 | 0,00016126  | 3,10851E-05 | 2,18884E-05  | 0,00042927  | -3,08612E-05 | 0,000120679 | 3,89831E-05  | 1,05792E-05  | 2,18884E-05  |
| Dinamarca       | -0,000134219 | 0,000218636 | 0,000597546 | 4,07643E-05 | -2,6966E-05  | 0,001011284 | 0,000362069  | 0,000143395 | 3,97369E-05  | -1,31945E-05 | -2,6966E-05  |
| Países Bajos    | 0,000164782  | 0,000103361 | 0,000211879 | 5,17837E-05 | 3,66127E-05  | 0,000115878 | 0,000176283  | 0,000268047 | 5,4183E-05   | -1,14545E-05 | 3,66127E-05  |
| Alemania        | 6,52706E-05  | 0,000119575 | 0,000230714 | 3,45819E-05 | 1,41147E-05  | 0,000347978 | 0,000224345  | 9,32781E-05 | 3,69001E-05  | 1,52735E-06  | 1,41147E-05  |
| Italia          | 8,10855E-05  | 0,000100523 | 0,000198796 | 3,51047E-05 | 6,09426E-05  | 0,000226828 | 0,000181626  | 0,000114591 | -2,79554E-06 | 2,25695E-05  | 6,09426E-05  |
| Suiza           | 4,87394E-05  | 8,05885E-05 | 0,00019407  | 8,06791E-06 | -1,93972E-05 | 0,000270554 | 0,000167464  | 6,53461E-05 | 9,18732E-06  | -1,00386E-05 | -1,93972E-05 |
| Esllovenia      | 2,98091E-05  | 6,99584E-05 | 0,000106898 | 6,16512E-05 | -8,65959E-07 | 2,10923E-05 | 0,000192359  | 0,000151027 | 1,05305E-05  | 4,85848E-05  | -8,65959E-07 |
| República Checa | 0,000140757  | 0,000109044 | 0,000211668 | 5,38089E-05 | 1,17089E-05  | 0,000357324 | 0,000105738  | 0,00015313  | 4,90514E-05  | 2,18045E-05  | 1,17089E-05  |
| Austria         | 5,55638E-05  | 0,000105396 | 0,000211042 | 3,75041E-05 | 1,24406E-05  | 0,000335302 | 0,00015018   | 7,72797E-05 | 2,29394E-05  | 2,84688E-05  | 1,24406E-05  |
| Croacia         | 6,5078E-05   | 0,000104139 | 0,000201056 | 3,57388E-05 | 2,63839E-05  | 0,000314558 | 0,000133646  | 9,53604E-05 | 3,64231E-05  | 1,56707E-05  | 2,63839E-05  |

Figura 08. Tabla de medias de valores ( $\text{mol m}^{-2}$ ) del  $\text{SO}_2$  para diferentes periodos de tiempo.

El Metano ( $\text{CH}_4$ ), el contribuyente al efecto invernadero más importante después del  $\text{CO}_2$ , según los datos obtenidos, ha tenido un comportamiento desigual en la península ibérica que en el resto de países europeos. Si bien el resto de Europa ha disminuido tras el confinamiento, en España y Portugal, justo disminuyó en abril, en pleno confinamiento, pero aumentó en seguida en junio. De todas formas, los cambios en el  $\text{CH}_4$  han sido menores que en otros gases, debido a que es un gas estable y duradero, por lo que, los efectos que ha podido tener el confinamiento se reflejan más lentamente. También hay que destacar que este gas ha tenido un crecimiento entre el primer semestre de 2020 con respecto al de 2019, algo que resulta preocupante.

|                 | 2019        | 2020        | pre         | lockdown    | post        | Enero       | Febrero     | Marzo       | Abril       | Mayo        | Junio       |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| España          | 1844,632935 | 1847,995803 | 1848,422359 | 1842,452095 | 1861,562606 | 1847,324307 | 1849,997887 | 1844,336078 | 1840,673892 | 1844,635079 | 1861,562606 |
| Portugal        | 1834,217695 | 1836,363888 | 1836,237285 | 1828,544246 | 1851,958786 | 1833,858557 | 1836,918816 | 1835,682056 | 1825,1854   | 1829,735357 | 1851,958786 |
| Francia         | 1829,961858 | 1838,94853  | 1841,047564 | 1843,809014 | 1821,449525 | 1837,596241 | 1842,686949 | 1838,358729 | 1854,291627 | 1838,291851 | 1821,449525 |
| Irlanda         | 1808,224397 | 1824,146794 | 1830,661925 | 1827,809078 | 1787,986216 | 1827,919206 | 1829,627933 | 1831,115728 | 1838,307781 | 1818,046322 | 1787,986216 |
| Reino Unido     | 1820,806146 | 1834,922031 | 1840,386316 | 1841,561872 | 1804,194135 | 1838,702311 | 1835,480223 | 1846,662717 | 1851,004899 | 1830,599638 | 1804,194135 |
| Bélgica         | 1823,284396 | 1842,458186 | 1845,338398 | 1848,507745 | 1810,242992 | 1843,314397 | 1843,00504  | 1848,873129 | 1857,682847 | 1838,43523  | 1810,242992 |
| Dinamarca       | 1828,594847 | 1840,310474 | 1842,69602  | 1848,334363 | 1817,060542 | 1793,604177 | 1823,913457 | 1866,830749 | 1860,329345 | 1825,769749 | 1817,060542 |
| Países Bajos    | 1829,145141 | 1839,761679 | 1833,962058 | 1848,637821 | 1815,903479 | 1838,535925 | 1813,819225 | 1850,932447 | 1857,564458 | 1837,015938 | 1815,903479 |
| Alemania        | 1821,291998 | 1833,040325 | 1837,663994 | 1837,291354 | 1813,202733 | 1838,837177 | 1830,934269 | 1840,775112 | 1850,305657 | 1824,575569 | 1813,202733 |
| Italia          | 1842,975743 | 1854,248983 | 1858,052558 | 1853,935199 | 1847,595323 | 1861,596118 | 1858,772921 | 1852,188496 | 1861,487823 | 1847,328839 | 1847,595323 |
| Suiza           | 1826,352515 | 1837,15936  | 1840,581199 | 1845,067516 | 1807,152    | 1841,861402 | 1829,461897 | 1847,563873 | 1855,565561 | 1834,097818 | 1807,152    |
| Esllovenia      | 1822,285135 | 1833,582523 | 1843,568519 | 1832,103755 | 1815,80477  | 1844,889609 | 1841,623115 | 1837,663276 | 1846,630823 | 1805,243378 | 1815,80477  |
| República Checa | 1817,922573 | 1825,944531 | 1841,157251 | 1828,485905 | 1788,88131  | 1845,027034 | 1833,402922 | 1843,80341  | 1847,44262  | 1799,169465 | 1788,88131  |
| Austria         | 1827,894221 | 1835,628874 | 1839,716989 | 1838,323943 | 1816,941476 | 1838,580335 | 1839,741644 | 1843,791404 | 1850,092509 | 1818,02616  | 1816,941476 |

Figura 09. Tabla de medias de valores ( $1\text{e}^{-9}$ ) del  $\text{CH}_4$  para diferentes periodos de tiempo.

## CONCLUSIONES

La realización de un confinamiento tan restrictivo en el primer semestre de 2020 ha supuesto una gran oportunidad para realizar estudios como este sobre el medio ambiente que de otra manera no habrían sido posibles.

Analizados los resultados para los distintos indicadores contaminantes estudiados en esta investigación, a partir de datos de Copernicus, se puede afirmar que, aunque no era el objetivo directo de ellas, las medidas de confinamiento y reducción de la movilidad han tenido un efecto positivo en la atmósfera, reduciendo los valores de prácticamente todos los contaminantes durante el periodo analizado.

Ahora bien, no todos los indicadores han reaccionado de la misma manera, hay algunos como el  $\text{NO}_2$  que rápidamente han reflejado los cambios, pero hay otros como el  $\text{O}_3$ , el  $\text{CO}$  o el  $\text{CH}_4$  que han tardado más. Esto es consecuencia de que son gases más estables y tienen una duración mayor, por lo que se tarda más tiempo en visualizar los cambios.

Con los datos obtenidos, la reducción de los gases contaminantes no ha sido tan importante como se podría esperar después de unos confinamientos tan restrictivos donde se paró la mayor parte de la actividad empresarial y se redujo considerablemente el uso de vehículos, incluidos aviones, así como indicaban previamente otros artículos sobre el tema (Xu, 2020) (Bashir, y otros, 2020) (Tobías, y otros, 2020) y otros autores. Pero esta conclusión también ha sido indicada por publicaciones más recientes (Shi1, y otros, 2021) donde también concluyen que "las mejoras en la calidad del aire fueron más limitadas de lo que sugerían informes previos".

Se observa también que algunas de las zonas donde se propagó el virus al inicio con mayor contundencia, eran zonas con abundante contaminación. Lo que lleva a identificar la contaminación del aire como un posible factor para la propagación del virus (Srivastava, 2020). Pero en este estudio no se ha podido profundizar en la investigación de esta hipótesis, pues habría que realizar un estudio más profundo, ya que hay otros muchos factores que también intervienen en la transmisión del virus, que no se han estudiado aquí.

Ha sido una sorpresa el resultado obtenido sobre que los valores medios de contaminantes durante el primer semestre de 2020 han sido mayores que durante el mismo periodo de 2019. Esto a pesar de las duras medidas restrictivas llevadas a cabo en 2020. Hay que llamar la atención sobre este dato, pues es un indicador de alarma en cuanto al crecimiento que la contaminación está teniendo año tras año, por lo que **es urgente tomar medidas de políticas ambientales que protejan el medio ambiente y que permitan romper esa tendencia cuanto antes.**





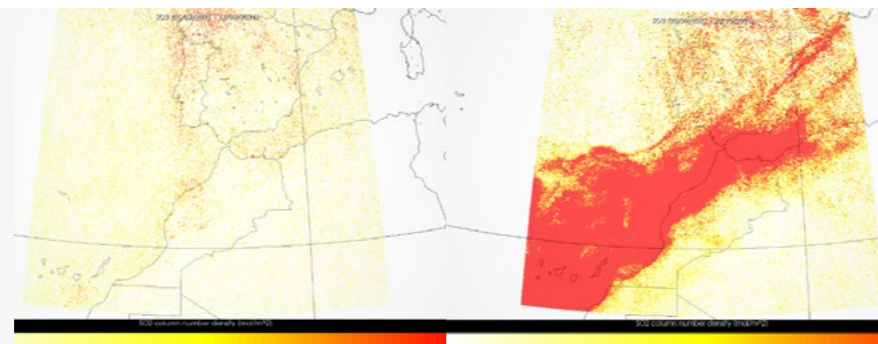
## ADDENDA

Como continuación del proyecto inicial, también se ha utilizado el método y las herramientas desarrolladas en esta investigación para realizar un estudio de la contaminación atmosférica ocasionada por el volcán Cumbre Vieja de La Palma a través de los datos proporcionados por Copernicus.

Como resultado se han obtenido diversos mapas y datos de los indicadores de calidad del aire, donde cabe destacar la contaminación producida por las 250.000 toneladas de SO<sub>2</sub> que el volcán ha vertido a la atmósfera hasta el 4 de octubre (Europa Press, 2021). Estas grandes cantidades de SO<sub>2</sub>, aunque parece que no representan un problema actualmente para los humanos ya que el gas se desplaza a grandes alturas, sí que puede ser un problema añadido para el cambio climático, debido a la potencial influencia que tiene en el clima en especial cuando reacciona con el vapor de agua produciendo ácido sulfúrico, siendo uno de los causantes de la lluvia ácida. En las imágenes generadas a partir de los datos de Copernicus, se puede ver claramente los altos niveles de SO<sub>2</sub> que genera el Cumbre Vieja y su desplazamiento a lugares remotos.

Figura 10.

Comparativa de Madrid antes y después del confinamiento (elaboración propia con Earth Engine).



## BIBLIOGRAFÍA

- Bashir, M. F., Ma, B., Bilal, Komal, B., Bashir, M. A., Tan, D., & Bashir, M. (2020). Correlation between climate indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA. *Science of The Total Environment*, 728. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138835>
- Briz-Redón, Á., Belenguer-Sapiña, C., & Serrano-Aroca, Á. (2020). Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: A multi-city study. *Journal of Environmental Sciences*, 101, 16-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.07.029>
- Ecologistas en Acción. (2020). *Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España*. Obtenido de <https://www.ecologistasenaccion.org/140177/informe-efectos-de-la-crisis-de-la-covid-19-en-la-calidad-del-aire-urbano-en-espana/>



- ESA; European Commission. (2020). *Rapid Action on coronavirus and Earth Observation*. Obtenido de <https://race.esa.int/>
- Europa Press. (5 de 10 de 2021). El volcán de La Palma emite 250.000 toneladas de SO<sub>2</sub> y 35 millones de m<sup>3</sup> de magma desde que entró en erupción. Islas Canarias.
- European Environment Agency. (2020). *Air quality in Europe*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>
- Fattorini, D., & Regoli, F. (2020). Role of the chronic air pollution levels in the Covid-19 outbreak risk in Italy. *Environmental Pollution*, 264, 114732. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114732>
- Liza Selley, L., Santos Leal, N., & Martins, L. M. (January de 2021). Links between air pollution and COVID-19 in England. *Environmental Pollution*, 268. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115859>
- Martorell-Marugán, J., Villatoro-García, J. A., García-Moreno, A., López-Domínguez, R., Requena, F., Merelo, J. J., ... Carmona-Sáez, P. (2020). DatAC: A visual analytics platform to explore climate and air quality indicators associated with the COVID-19 pandemic in Spain. *Science of The Total Environment*, 750, 141424. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141424>
- Nakada, L. Y., & Urban, R. C. (2020). COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. *Science of The Total Environment*, 730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139087>
- Sharma, S., Zhang, M., Anshika, Gao, J., Zhang, H., & Kota, S. H. (2020). Effect of restricted emissions during COVID-19 on air quality in India. *Science of The Total Environment*, 728. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138878>
- Shi, Z., Song, C., Liu, B., Lu, G., Xu, J., Vu, T. V., ... and Harrison, R. M. (2021). Abrupt but smaller than expected changes in surface air quality attributable to COVID-19 lockdowns. *Science Advances*, 7(3). doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd6696>
- Srivastava, A. (2020). COVID-19 and air pollution and meteorology-an intricate relationship: A review. *ScienceDirect*.
- Tobías, A., Carnerero, C., Reche, C., Massagué, J., Via, M., Minguillón, M. C., ... Querol, X. (2020). Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Science of The Total Environment*, 726, 138540. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138540>
- Xu, H. Y. (2020). Possible environmental effects on the spread of COVID-19 in China. *The Science of the total environment*, 731, 139211. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139211>



## Investigaciones acerca del asentamiento espacial en órbita

/ SEGUNDO PREMIO

**AUTOR** | ANDREY PARRILLA PROKOPYEV

**COORDINADORA** | ROSA MARÍA PARRILLA AMAT

**CENTRO** | COLEGIO INTERNACIONAL SEK-ALBORÁN

**CIUDAD** | EL EJIDO-ALMERIMAR-ALMERÍA

### RESUMEN |

En el presente trabajo se analiza una de las posibles vías para perdurar en el espacio: el asentamiento espacial en órbita (es decir, crear una estructura capaz de sustentar vida humana y que orbite alrededor de un cuerpo). De esta forma, esta investigación tiene dos fines principales: (1) definir las condiciones que debe cumplir esta estructura para satisfacer las necesidades humanas y (2) crear un programa informático que ofrezca aquella estructura que menos recursos necesite. Este trabajo puede ayudar a reducir los costes del asentamiento (que es el principal problema de esta vía), reducir el tiempo que se tarda en calcular las medidas exactas de la base y minimizar los errores matemáticos que pueden surgir en los cálculos.

### ABSTRACT |

In the present work, one of the possible ways to live in space is analyzed: free-space-settlement in orbit (that is, creating a structure capable of sustaining human life and that orbits around a body). Thus, this research has two main purposes: (1) to define the conditions that this structure must meet to satisfy human needs and (2) to create a computer program that offers the structure that requires the least resources. This work can help reduce settlement costs (which is the main problem of free-space-settlements), reduce the time needed to decide the exact measurements of the base and help to minimize mathematical errors that might have come up in the calculations.



## INTRODUCCIÓN

Existen unos claros incentivos para explorar y asentarnos en el espacio: la supervivencia humana en caso de un desastre global, satisfacer la curiosidad intelectual humana o la cantidad prácticamente ilimitada de recursos valiosos que hay en el espacio.

Como consecuencia, deberíamos por lo menos plantear cómo podríamos explorar o perdurar en el espacio. Las soluciones más corrientes suelen ser (1) las naves espaciales y (2) los establecimientos en un planeta. La primera tiene el inconveniente de no ser suficientemente práctica (al no ser viable a gran escala). Ante la segunda, tenemos que cada planeta tiene demasiadas características únicas y distintas a las de la Tierra, haciendo muy difícil que sea compatible con nosotros.

Frente a esto, surge una alternativa (que será aquella sobre la que versará este trabajo). Esta vez, en lugar de centrarnos en los propios planetas, se propone la idea de construir grandes estructuras que orbiten alrededor de un cuerpo y que sean capaces de sustentar vida humana. Alrededor de 1980, el físico Gerard O'Neill analizó a fondo estas ideas y diseñó junto a sus compañeros diversas estructuras viables en el espacio capaces de mantener la vida humana en el espacio, como el "Toro de Stanford", el "Cilindro de O'Neill" o la "Esfera de Bernal" (O'Neill, Johnson y Holbrow, Space Settlements: A Design Study 1976).

Sin embargo, los diseños siguen siendo demasiado costosos y bastante difíciles de realizar en la práctica. Concretamente, en 2018, se llegó a la conclusión de dos problemas principales (Marotta y Globus 2018): los asentamientos espaciales en órbita (1) necesitan millones de toneladas para la protección de la radiación, (2) no es económicamente viable traer los materiales desde la Tierra, sino que deberían recolectarse de asteroides o cuerpos celestes.

## OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

En este informe intentaremos reducir el coste que pueden suponer estas estructuras. Para ello, hacemos un análisis técnico de qué condiciones debería satisfacer esta construcción (en términos matemáticos) y posteriormente creamos un algoritmo que calcule aquella que requiera menos recursos. Es decir, nosotros daríamos una serie de parámetros a este programa relacionados con la habitabilidad del mismo (por ejemplo, el número de habitantes que habría, el número de metros cuadrados por persona, entre otros) y dicho programa nos proporcionaría las dimensiones específicas de la base que necesite menos recursos.

## NECESIDADES HUMANAS

Para poder realizar el análisis matemático con el que generaremos el programa informático, necesitamos saber qué necesidades humanas debemos satisfacer



con la estructura. De esta manera, encontramos dos tipos: (1) aquellas que dependen del tamaño de la estructura y (2) aquellas que dependen de su forma.

En cuanto a las primeras, podemos mencionar los ejemplos de la nutrición o un sistema de refrigeración (que regule la temperatura). El punto a destacar es que estas necesidades simplemente requieren que haya cierto espacio en la estructura dedicado a ello (que se traduciría en aumentar el número de metros cuadrados por persona).

En cuanto a las segundas, encontramos una necesidad principal: la gravedad. Existen numerosos problemas en caso de que viviésemos durante tiempos prolongados en una situación de ingravidez: problemas relacionados con la pérdida de masa ósea (Stavnichuk, y otros 2020) (Grimm, y otros 2016); serias complicaciones relacionadas con la pérdida de masa muscular y dolor de espalda (Burkhart, Allaire y Bouxsein 2019); complicaciones en el sistema central nervioso (especialmente aquellas relacionadas con la percepción y la orientación) y la visión (Clément, y otros 2020).

## ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Como veíamos previamente, la estructura debe proporcionar una especie de gravedad artificial. Existen tres maneras para lograr este fin: (1) la aceleración lineal (es decir, propulsar una nave espacial en una dirección en línea recta con una determinada fuerza para que las personas sintiesen una aceleración), (2) a través del magnetismo, y (3) gracias a la rotación. De estos tres, el segundo es aquel menos estudiado y aquel que se cree menos viable. Asimismo, para el primero, necesitaríamos demasiada energía para proporcionar el impulso necesario durante tiempos muy prolongados. De esta manera, nos quedamos con el último, obtener la gravedad artificial gracias a la rotación de la estructura.

Una nave en rotación produce la sensación de gravedad en su interior. La rotación desplaza cualquier objeto del interior hacia sus paredes, obteniendo la apariencia de un empuje gravitacional dirigido hacia el exterior. Esta "fuerza" consiste realmente en la manifestación de los objetos dentro de la nave intentando viajar en línea recta debido a la inercia.

Si bien esto logra solventar el problema que teníamos con respecto a la gravedad artificial, puede suscitar la aparición de otra dificultad: los efectos giratorios en la salud de las personas. Concretamente, un elevado número de revoluciones por minuto podría hacernos pensar que causarían mareos, náuseas y desorientación en los humanos. No obstante, estudios de 2017 verifican que, aunque a algunas personas puedan costarles adaptarse durante las primeras horas o días, generalmente se adaptan de una forma relativamente rápida y sin excesivos problemas hasta las seis revoluciones por minuto (Globus y Hall, Space Settlement Population Rotation Tolerance 2017). De aquí obtenemos nuestra primera condición:



$$0 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \leq w \leq 6 \left( \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} \right) \quad (\text{Condición 1}),$$

donde  $w$  es la velocidad angular de la estructura. Ahora bien, existen distintos tipos de estructuras que pueden lograr esta rotación: el toro geométrico, la pesa geométrica, la esfera o el cilindro.

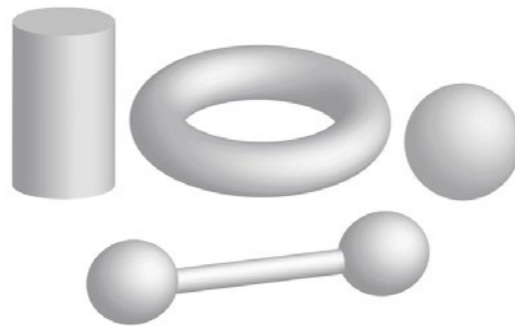


Figura 01.

Modelos tridimensionales de las posibles estructuras: cilindro, toro geométrico, esfera y pesa.

De todas estas, nosotros vamos a optar por el toro geométrico por una razón principal: es la que ofrece más posibilidades ya que, podríamos añadir otro 'anillo' o toro de un radio menor en el interior, ofreciendo más estabilidad a la base al mismo tiempo que permite aprovechar mejor el espacio e incluir más instalaciones. Asimismo, hay bastantes estudios que también desarrollan esta estructura como mejor opción para el asentamiento espacial (O'Neill, Johnson and Holbrow, Space Settlements: A Design Study 1976).

Una vez que hemos aclarado el tipo de estructura que vamos a utilizar, podemos proceder a delimitar las condiciones matemáticas que debe satisfacer. Para empezar, procedamos a explicitar las partes de un toro geométrico. Partimos de que el toro es un sólido de revolución que se genera al girar un círculo (que llamamos círculo generador) alrededor de un eje con una cierta distancia desde el origen (esto es lo que llamamos radio de la circunferencia directriz).

Ahora bien, en nuestro caso vamos a considerar un caso más general de estructura (con el fin de incluir más posibilidades de tal manera que sea más útil y se puedan ahorrar más recursos): en lugar de girar un círculo con un determinado radio de la circunferencia directriz, vamos a girar dos semi-elipses con un determinado radio de la circunferencia directriz.

Una vez que hemos aclarado esto, podemos proceder al análisis. Para empezar, recordemos que necesitamos proporcionar una gravedad artificial mediante la rotación de la base. La fórmula que describe la aceleración que un objeto posee dentro de esta estructura viene dada por la aceleración centrípeta  $a = w^2 R$ , donde  $a$  es la aceleración,  $R$  el radio de la estructura que gira (en nuestro caso, la de



la circunferencia directriz) y  $w$  la velocidad angular de la base. Como queremos ofrecer una sensación de gravedad similar a la de la Tierra, el radio y la velocidad angular deberán satisfacer la siguiente expresión:

$$g = w^2 R \quad (\text{Condición 2}),$$

donde  $g$  es la aceleración que sentimos en la superficie de la Tierra.

No obstante, hemos de tener en cuenta que no nos valdría cualquier radio para la circunferencia directriz, pues si fuese demasiado corto, cuando nos fuésemos moviendo verticalmente dentro de la estructura la gravedad cambiaría demasiado. Por seguir con los datos tomados de otros prototipos de asentamientos (como el de 1976 elaborado por O'Neill), optaremos por escoger un cambio máximo de un 10%. Luego, debe cumplirse que:

$$\frac{|g - g_x|}{g} \leq \frac{1}{10} \quad (\text{Condición 3}),$$

donde  $g_x$  es la gravedad artificial que siente una persona a una altura  $x$ . Es decir, la aceleración centrípeta que habría con un radio  $R - x$  (y la misma velocidad angular). Por otra parte, dentro de la estructura tendremos edificios y casas con una altura máxima  $h$ . Luego, podemos poner la condición de que el radio  $R$  de la circunferencia directriz debe ser una cantidad tal que cuando estemos en la máxima altura no haya un cambio mayor a 0,1 en la gravedad. Utilizando las condiciones anteriores podemos reescribir esto como:

$$10h \leq R \quad \text{Condición 4.}$$

Una vez hemos establecido el radio de la circunferencia directriz, debemos definir nuestro elemento generador, es decir, las dos semi-elipses. Si tomásemos una vista de un área de sección transversal en un sistema de coordenadas, podríamos definir las elipses como:

$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad -a_1 \leq x < 0 \quad (\text{Condición 5}),$$

$$\frac{x^2}{a_2^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad 0 \leq x \leq a_2 \quad (\text{Condición 6}),$$

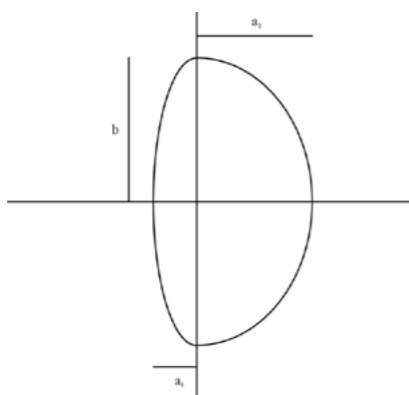
donde las variables  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b$  pueden entenderse mejor tanto analíticamente en las condiciones como en la figura que incorporamos a continuación.

Ahora bien, si nos fijamos en el área de sección transversal, podemos comprobar que la asunción que habíamos hecho antes de que la altura máxima de un edificio es  $h$  es un tanto incompleta, pues en función de la posición en la que se encuentre la casa, esto afectará de una u otra forma a la gravedad que sentirá la persona en el punto más alto (debido a la curva de la sección transversal).



Figura 02.

Sección transversal del toro modificado.



Para tener en cuenta estos cambios, hemos de modificar la condición 4 de la siguiente forma:

$$R \geq 10(h + a_1 - a_1 k) \quad (\text{Condición 7}),$$

$$k = \sqrt{1 - \frac{(b-c)^2}{b^2}},$$

donde  $c$  es la distancia de seguridad que hay entre una casa y la pared de la estructura.

Por otra parte, con el fin de tener en cuenta los posibles problemas estructurales que pudiese tener esta estructura (si por ejemplo  $a_1$  tuviese un valor muy pequeño), incorporamos las dos siguientes condiciones:

$$\left(\frac{a_1}{b}\right) \geq \beta \quad (\text{Condición 8}),$$

$$\left(\frac{a_1}{b}\right) \leq \theta \quad (\text{Condición 9}),$$

donde  $\beta$  y  $\theta$  podrían obtenerse experimentalmente para maximizar la seguridad.

Por otro lado, debemos tomar en consideración que sería apropiado que hubiese una distancia mínima entre el edificio más alto de la base y el techo de la estructura. Para solucionar este problema, si  $l$  es la distancia mínima que tiene que haber por encima de cada edificio, entonces (tras unos cálculos) comprobamos que deberá satisfacerse la siguiente condición:

$$a_2 \geq \frac{l+h}{k} - a_1 \quad (\text{Condición 10}).$$



Una vez terminadas de definir las condiciones del área de sección transversal y la circunferencia directriz, simplemente nos quedaría por obtener fórmulas para el área total, el volumen total, el área útil (aquella superficie en la que podemos construir edificios o pasear) y el volumen útil (el espacio total en el que los individuos pueden estar dentro de la estructura sin que el cambio de gravedad sea mayor al 10%). Tras unos cálculos, obtenemos las siguientes expresiones:

$$A_{total} = \pi R(P(a_1, b) + P(a_2, b)) \quad (\text{Expresión 1}),$$

$$V_{total} = Rb\pi^2(a_1 + a_2) \quad (\text{Expresión 2}),$$

$$A_{\text{útil}} = \pi R P(a_1, b) \quad (\text{Expresión 3}),$$

$$V_{\text{útil}} = \left\{ a_1 b \pi - a_1 b \left[ \left( \frac{R}{10a_1} - 1 \right) - \frac{\text{sin sin} \left[ 2 \left( \frac{R}{10a_1} - 1 \right) \right]}{2} \right] \right\}, \frac{R}{10} - a_1 \leq 0 \quad Rb\pi \left\{ a_1 \pi + a_2 \pi - a_2 \left[ \left( \frac{R-10a_1}{10a_2} \right) - \text{sin} \left( 2 \left( \frac{R-10a_1}{10a_2} \right) \right) \right] \right\}, \frac{R}{10} - a_1 \geq 0 \quad (\text{Expresión 4}),$$

donde  $a_1, b, a_2, R$  son las mismas variables que aquellas descritas anteriormente en el informe y  $P(a, b)$  es la fórmula Ramanujan II-Cantrell para el cálculo del perímetro de una elipse a partir de su semieje mayor y menor.

Con estas expresiones, podemos explicitar las últimas condiciones. Si  $N$  fuese el número de habitantes de la estructura y  $P$  y  $Q$  el área y volumen por persona que debería tener la base (respectivamente), entonces buscamos que se cumplan las siguientes desigualdades:

$$0 \leq A_{\text{útil}} - NP \leq \varepsilon \quad (\text{Condición 11}),$$

$$V_{\text{útil}} \geq NQ \quad (\text{Condición 12}).$$

donde  $\varepsilon$  es un número que introducimos con el fin de que el área útil de la estructura no sea excesivamente superior al área útil *verdadero* que necesitaría la estructura (de tal forma que no se pierdan muchos recursos).

### ELABORACIÓN DEL ALGORITMO

Llegados a este punto, hemos desarrollado las 12 condiciones que nuestra estructura ha de cumplir. Nuestro objetivo en esta sección será elaborar un programa para encontrar los valores de  $a_1, a_2, b, R, w$  que más nos convengan.

- Primero, enunciamos los valores que deberemos introducir en el programa:
- El área y volumen por persona  $P$  y  $Q$  (respectivamente), así como el número de habitantes  $N$ ;
- la altura máxima  $h$  de los edificios;
- la distancia  $c$  entre el último edificio y la pared de la estructura;



- la distancia mínima  $l$  que debe haber entre la altura de un edificio y el techo de la estructura;
- el ángulo máximo  $\theta$  y ángulo mínimo  $\beta$  que puede tomar  $a_1 b$ ;
- el valor  $\varepsilon$  que mencionamos en la condición 1  $\left(\frac{a_1}{b}\right)$ ;
- y un valor  $i$ , cuyo propósito explicaremos a continuación.

La primera tarea que tenemos es la de encontrar el radio de la circunferencia directriz ( $R$ ). Si recordamos la condición 2, tenemos que el radio depende de la velocidad angular ( $w$ ). El problema es el siguiente: es probable que existan muchas combinaciones del radio y la velocidad angular que den resultados posibles para la estructura. Por ello, y teniendo en cuenta que tenemos un rango de valores que puede tomar la velocidad angular de la estructura (véase la condición 1), podemos ir probando con todas las velocidades angulares ( $w=0,1rpm$ ;  $w=0,2rpm$ ;  $w=0,3rpm$  ...  $w=6rpm$ ) de tal forma que obtengamos las diversas estructuras posibles. Para ello, definimos el valor  $i$ , que establece el salto que habría entre una velocidad angular y la siguiente. Si  $i=0,1$ , entonces la primera velocidad angular sería  $0,1rpm$  y la siguiente,  $0,2rpm$ .

A continuación necesitamos comprobar que se satisfaga la condición 4 ( $R \geq 10h$ ). De lo contrario, probaremos con la siguiente velocidad angular. En este punto del algoritmo, vamos a optar por dar un valor estimado para  $b$  (que conforme avancemos con el algoritmo, iremos refinando). Para ello, utilizaremos la siguiente aproximación (que viene de la condición 11) para despejar  $b$ :

$$NP \approx 2\pi b R,$$

pues ya conocemos  $R$ . Asimismo, aproximaremos el valor de  $a_1$ . Para ello, igualamos las expresiones de la condición 7, de tal forma que obtenemos  $R=10(h+a_1-a_1 k)$ , y despejaremos para conseguir el valor estimado de  $a_1$ . No obstante, como estábamos mencionando, esto son simples aproximaciones. Para refinar el valor de  $a_1$  y  $b$  haremos uso de otras condiciones. Primero debemos comprobar que se cumpla la condición 8:

$$\left(\frac{a_1}{b}\right) \geq \beta \quad (\text{Condición 8}).$$

De lo contrario, deberemos bajar el valor de  $\left(\frac{a_1}{b}\right)$ .

Por razones matemáticas y estructurales, sería apropiado reducir el valor de  $b$  hasta que se cumpla la condición. Posteriormente realizaremos un proceso análogo con la condición 9.

A continuación, comprobaríamos que se satisfaga la primera parte de la condición 11:

$$0 \leq A_{\text{útil}} - NP \Leftrightarrow NP \leq A_{\text{útil}} = \pi R P a_1 b$$



Si esto no fuese así, deberíamos multiplicar el valor de  $a_1$ ,  $b$  por una constante pequeña mayor que 1 (p. ej. 1,1) hasta que se cumpla. Esto es posible siempre que las otras condiciones se respeten. Por un lado, tenemos que la condición 8 y 9 se cumplen. Sin embargo, esto no tiene por qué ocurrir con la condición 7 (por lo que deberemos comprobarla en algún momento).

Tras esto, comprobaríamos la segunda parte de la condición 11:

$$A_{\text{útil}} - NP \leq \varepsilon.$$

De no cumplirse, volveríamos a multiplicar  $a_1, b$  por un valor  $u$  muy cercano (pero menor) que 1 (p. ej. 0,99) hasta que la condición fuese válida.

Una vez completado esto, sería el momento en el que deberíamos comprobar que la condición 7 ( $(R \geq 10h + a_1 - a_1 k)$ ) fuese verdadera. En caso contrario, proseguiríamos con una nueva velocidad angular.

Ahora que tenemos valores bastante precisos para  $a_1, b$ , sería el momento de obtener  $a_2$ . Para ello, recordemos que la condición 10 expresaba:

$$a_2 \geq \frac{l+h}{k} - a_1 \quad (\text{Condición 10}).$$

Luego, teniendo en cuenta que queremos ahorrar los máximos recursos,

querremos el mínimo valor de  $a_2$ , que correspondería a  $a_2 = \frac{l+h}{k} - a_1$ .

Finalmente, comprobamos que  $V_{\text{útil}} \geq NQ$ . Si no lo fuese, deberíamos pasar a otra velocidad angular. Por otra parte, si esta condición fuese cierta, nuestra estructura estaría cumpliendo todos los requisitos establecidos en el anterior apartado, por lo que habríamos terminado con esta velocidad angular en particular.

En este momento, simplemente guardaríamos una serie de datos de la estructura

en una lista:  $a_1, a_2, b, R, \left(\frac{a_1}{b}\right), V_{\text{útil}}, A_{\text{útil}}, V_{\text{total}}, A_{\text{total}}$ , y procederíamos a repetir

este proceso con la siguiente velocidad angular  $w'$ . Una vez que completásemos este proceso con todas las velocidades angulares que hemos escogido, obtendríamos una lista similar a la siguiente:

$$[[a_1, a_2, b, R, \left(\frac{a_1}{b}\right), V_{\text{útil}}, A_{\text{útil}}, V_{\text{total}}, A_{\text{total}}], [\dots], [\dots], \dots, [\dots]].$$

Llegado este punto, si por ejemplo estuviésemos buscando aquella estructura que necesita menos recursos materiales, podríamos imprimir simplemente aquella con el menor  $A_{\text{total}}$ .



## BIBLIOGRAFÍA

- Burkhart, Katelyn, Brett Allaire, y Mary L. Boussein. 2019. «Negative Effects of Long-duration Spaceflight on Paraspinal Muscle Morphology.» *Spine*.
- Clément, Gilles R., Richard D. Boyle, Kerry A. George, Gregory A. Nelson, Millard F. Reschke, Thomas J. Williams, y William H. Paloski. 2020. «Challenges to the central nervous system during human spaceflight missions to Mars.» *Journal of Neurophysiology*.
- Globus, Al, y Theodore Hall. 2017. «Space Settlement Population Rotation Tolerance.»
- Grimm, Daniela, Jirka Grosse, Markus Wehland, Vivek Mann, Janne Elin Reseland, Alamelu Sundaresan, y Thomas Juhl Corydon. 2016. «The impact of microgravity on bone in humans.» *Bone* 44-56.
- Marotta, Tom, y Al Globus. 2018. *The High Frontier: An Easier Way*.
- O'Neill, Gerard K., Richard D. Johnson, and Charles Holbrow. 1976. *Space Settlements: A Design Study*. National Aeronautics and Space Administration.
- Stavnichuk, Mariya, Nicholas Mikolajewicz, Tatsuya Corlett, Martin Morris, y Svetlana V. Komarova. 2020. «A systematic review and meta-analysis of bone loss in space travelers.» *npj Microgravity*.
- Wippert, Pia-Maria, Michael Rector, Gisela Kuhn, y Karin Wuertz-Kozak. 2017. «Stress and Alterations in Bones: An Interdisciplinary Perspective.» *Front Endocrinol*.



## Grafeno ¿el futuro del espacio?

/ TERCER PREMIO Y ESTANCIA CSIC

**AUTOR** | DANIEL GUERRERO MORENO

**COORDINADORES** | ANTONIO MARCOS NAZ LUCENA Y MERCEDES ÁVILA ÁVILA

**CENTRO** | IES MARTÍN RIVERO

**CIUDAD** | RONDA-MÁLAGA

### RESUMEN |

El grafeno es un material conductor, que puede ser acoplado a otros materiales. La investigación que se presenta en este trabajo consiste en diseñar un proceso sencillo para acoplarlo sobre el aluminio, "grafenización", y analizar cómo se alteran las propiedades originales de los dos materiales. En primer lugar se probará un proceso casero de transformación de grafito en grafeno, por flotación de espuma, según la pautas de Jonathan Coleman. En segundo lugar, se realizará la "grafenización" sobre latas de aluminio recicladas. Para determinar el efecto o cambios que produce en las propiedades de dicho aluminio, la siguiente fase de la investigación ha consistido en analizar la capacidad de transmisión calorífica midiendo la transmisión y calentamiento del aluminio dependiendo de si este está cubierto por la capa de grafeno acoplada o si se encuentra sin ella. También se ha usado otro tipo de aluminio (distinto al que tienen las latas recicladas) para verificar los resultados obtenidos. Los datos recopilados en tablas y luego en gráficas ha sido analizados son analizados, detectando que tanto el método de "flotación de espuma" es efectivo y que se produce un aumento de la capacidad de transmisión calórica del aluminio "grafenado".

**Palabras clave:** Grafeno, grafeno casero, aluminio, transmisión de calor, "grafenización"



### ABSTRACT |

Graphene, a conductive material that can be coupled to other materials, and in this case, a process to couple it, "grafenization", which is used on aluminum, is investigated and how graphene alters with its properties the aluminum. Using a home-made process to transform graphite into graphene, following Jonathan Coleman's investigation guidelines, it will be tested whether this process works and how graphene affects aluminum. Specifically, its heat transmission capacity is investigated, so it will be carried out under conditions of temperature variation. What is measured is how the transmission and heat of the aluminum varies depending on whether it is covered by said graphene layer or if it is without it. Several experiments try to prove this in the aluminum of cans and in the aluminum of a heat transmission star. The data collected in tables and then in graphs are analyzed, in order to obtain information on whether the home-made process works, as well as whether it is true that graphene would affect aluminum in a way that makes it have a greater heat transmission capacity. The verification that the process for obtaining graphene by foam flotation is true, the creation of a new method to apply graphene to a material, "grafenization", and the heat transmission capacity of "graphened" aluminum are the points studied in this studio.

**Keywords:** Graphene, home-made graphene, aluminum, heat transfer, "grafenization"





## 1. INTRODUCCIÓN AL TEMA Y MOTIVACIÓN

El grafeno es un material con todo tipo de propiedades, entre ellas, interesa su conductividad. En concreto, la transferencia de calor, ha sido la que ha interesado y sido objeto de este estudio.

La principal motivación para la realización de este proyecto es la de encontrar una nueva forma de transmisión del calor para la industria aeroespacial. La intención principal es la de comprobar si un material, en este caso el aluminio, “grafenado”, es capaz de conducir el calor a lo largo de todo el material “grafenado” con una mayor efectividad que naturalmente, aprovechando las capacidades del grafeno.

## 2. HIPÓTESIS DEL TRABAJO, OBJETIVOS Y FINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. HIPÓTESIS

El aluminio cubierto con grafeno (“grafenizado”) tendrá una mayor conductividad calorífica.

Esta hipótesis nace del pensamiento de que al tener el grafeno una gran capacidad de transferencia calorífica, las seguiría teniendo aún estando adherido a otro material, que en este caso sería el aluminio. De esta forma, al tratarse de calentar en un lugar el aluminio, se transmitiría el calor a lo largo de todo el material “grafenado” de forma más efectiva que en aquel aluminio que se testase sin grafeno.

### 2.2. OBJETIVOS Y FINALIDAD

Con las finalidades de probar la transmisión de un material recubierto con grafeno y la de demostrar que el proceso para la obtención de grafeno de Jonathan Coleman funciona, se fijan los siguientes objetivos.

1. Comprobar y demostrar que el proceso de obtención del grafeno propuesto por Jonathan Coleman es veraz.
2. Crear un nuevo método para el recubrimiento de un material con grafeno. Proceso que se ha llamado “grafenización”.
3. Probar la capacidad térmica que obtiene el aluminio cubierto con una capa de grafeno (“grafenizado”)

## 3.- MATERIALES, PLANIFICACIÓN Y MÉTODOS

### 3.1. MATERIALES

Los materiales utilizados son softwares informáticos y materiales físicos, como



soportes de laboratorio, barras de grafito, lápiz de grafito 8B, mechero Bunsen, corcho, latas de hojalata, un cubo, una batidora de 400W, Jabón Fairy y estrellas de transmisión de calor.

### 3.2. MÉTODOS

#### 3.2.1.-MÉTODO UTILIZADO PARA LA PREPARACIÓN DEL GRAFENO

Para la realización del grafeno se ha seguido el procedimiento propuesto por el investigador Jonathan Coleman en su estudio “*Scalable production of large quantities of defect-free few-layer graphene by shear exfoliation in liquids*”, 2014.

“El método consiste, publica Nature<sup>11</sup>, en mezclar con dicha batidora (debe tener una potencia de unos 400 vatios) de 20 a 50 gramos de grafito en polvo -el material del que están hechas las puntas de los lápices-; medio litro de agua; y entre 10 y 25 mililitros de detergente.” Este proceso se realiza durante 30 minutos.

Este es un proceso de flotación en que lo que se genera es una espuma sobre la que se soporta el grafeno (Imagen 1). Este tipo de proceso permite la caída hacia la zona inferior de las impurezas y, por tanto, la “flotación” en las capas más superiores del grafeno generado. Lo que quedaría en la zona inferior en este caso sería el grafito que no se ha conseguido reducir a grafeno.

Figura 01.



#### 3.2.2.- MÉTODO UTILIZADO PARA LA COLOCACIÓN DEL GRAFENO SOBRE LAS LATAS DE HOJALATA Y EN LA ESTRELLA DE TRANSFERENCIA DE CALOR:

Una vez obtenido el grafeno, este se coloca sobre las latas y la estrella de transferencia de calor. Para colocarlo, se utiliza un proceso mediante el cual el objeto en cuestión se hace pasar entre la espuma obtenida durante el proceso mencionado para la preparación del grafeno. Así, se consigue que el grafeno suspen-

1. How to make graphene in a kitchen blender, 20/04/2014. Disponible en: [blogs.nature.com/news/2014/04/how-to-make-graphene-in-a-kitchen-blender.html](https://blogs.nature.com/news/2014/04/how-to-make-graphene-in-a-kitchen-blender.html) (accedido: 5 marzo 2021).

dido en la espuma vaya quedando sobre el objeto para que finalmente, al sacar el objeto de la espuma, quede este embadurnado de grafeno. Es este proceso al que se ha llamado “grafenización”.

### 3.2.3.- MÉTODO UTILIZADO PARA COLOCAR GRAFITO SOBRE LATA DE HOJALATA

El proceso realizado para colocar grafito sobre una lata de hojalata consiste en dibujar sobre la superficie de la lata con un lápiz (un lápiz) 8B. Así, se dibuja la lata y esta queda con el grafito sobre ella.

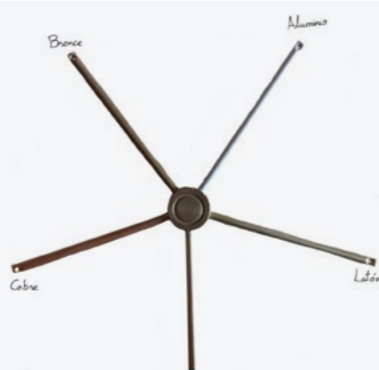
### 3.2.4.- MÉTODO UTILIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MATERIAL DE LATAS

Para determinar si las latas utilizadas son de aluminio u hojalata, se ha utilizado un imán. Las latas de aluminio no son magnéticas mientras que las de hojalata sí. Así se determina que las latas utilizadas son de hojalata.

## 4. DISEÑO DEL TRABAJO DE LABORATORIO

Los experimentos que se plantean para comprobar la hipótesis, son los expuestos a continuación. Cabe puntualizar que los experimentos mostrados son los realizados con el proceso de “grafenización” tanto para la estrella de transmisión de calor (Imagen 2) como para las latas de hojalata cuando se habla de que estos tienen grafeno.

Figura 02.

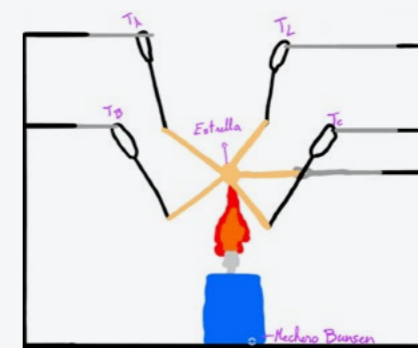


### 4.1.- EXPERIMENTO 1.- TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL ALUMINIO UNA ESTRELLA DE TRANSMISIÓN DE CALOR.

Se coloca una estrella de transmisión de calor sobre un mechero Bunsen, y se prepara un termómetro en la extremidad en que se encuentra el aluminio

(Imagen 3). Así, se mide la temperatura específica que se alcanza en esta. Este experimento se realiza con la estrella de transmisión de calor “grafenizada” y sin “grafenizar”.

Figura 03.



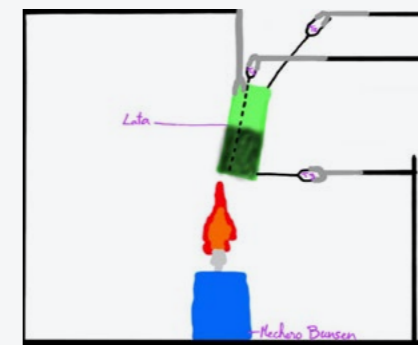
### 4.2.- EXPERIMENTO 2.- TRANSFERENCIA DE CALOR EN LATAS DE HOJALATA.

Cabe aclarar que en las imágenes 4 a 8, se representa la lata de hojalata en color verde, y la zona “grafenizada” con un color negro sobre el verde del aluminio. También aclarar que la línea discontinua que se pinta en la zona verde es tan solo la extremidad de un termómetro que se introduce en la lata. Se mide la temperatura en las zonas superior, inferior y en el interior de la lata.

#### 4.2.1- PRIMERA PRUEBA

La primera prueba consta en calentar desde la zona inferior la lata “grafenizada” solo sobre la zona inferior, como se muestra en la Imagen 4.

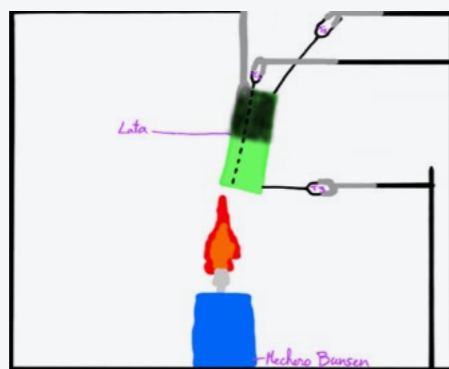
Figura 04.



#### 4.2.2.- SEGUNDA PRUEBA

La segunda prueba consta en calentar desde la zona inferior la lata de aluminio "grafenizada" solo en la zona superior, como se muestra en la siguiente Imagen 5.

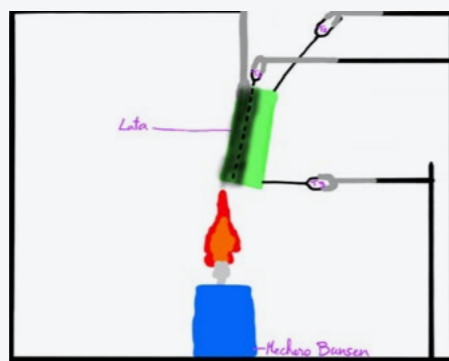
Figura 05.



#### 4.2.3.- TERCERA PRUEBA

La tercera prueba consta en calentar desde la zona inferior la lata de aluminio, "grafenizada" solo en un lateral, desde abajo hacia arriba, como se muestra en la Imagen 6.

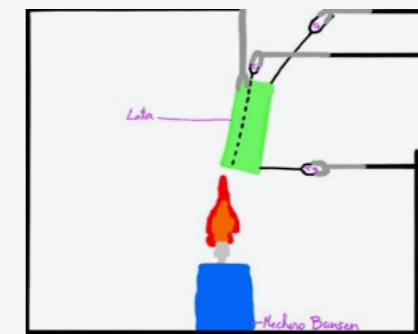
Figura 06.



#### 4.2.4.- CUARTA PRUEBA

La cuarta prueba consta en calentar desde la zona inferior la lata de aluminio "grafenizada" solo en la zona superior, como se muestra en la Imagen 7.

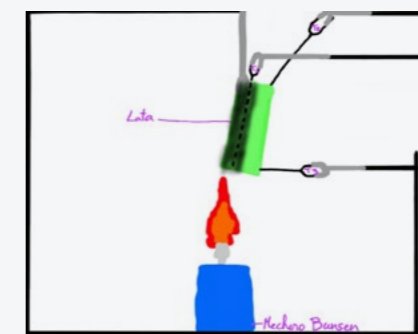
Figura 07.



#### 4.2.5.- QUINTA PRUEBA

Esta prueba consiste en calentar desde la zona inferior la lata de aluminio con grafito en el lateral, desde abajo hacia arriba siguiendo el mismo modelo que en la tercera prueba, como se muestra en la Imagen 8.

Figura 08.



## 5. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

### 5.1.- RECOGIDA DE DATOS

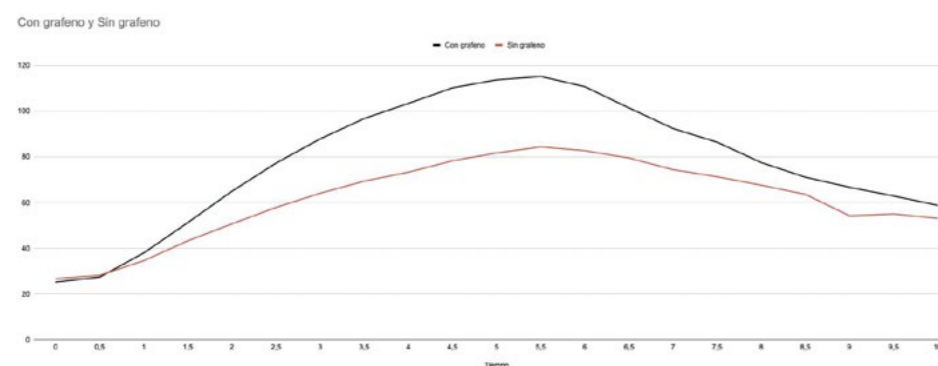
Los datos de las experimentaciones se recogen in situ en papel y posteriormente, se trasladan a una tabla excel. El termómetro solo está preparado para medir temperaturas hasta los 150° aproximadamente por lo que se toma como temperatura máxima 150°.



## 5.2.- TRATAMIENTO DE LOS DATOS

### 5.2.1.- EXPERIMENTO 1.- TRANSFERENCIA DE CALOR EN UNA ESTRELLA DE TRANSMISIÓN DE CALOR.

En la gráfica 1, la línea de color rojo muestra el crecimiento de temperatura del aluminio sin grafeno a lo largo del tiempo, y la línea negra representa el crecimiento de temperatura del aluminio “grafenado” a lo largo del tiempo.



A continuación se muestra un esquema de cómo funciona el sistema propuesto en el experimento.



El gráfico muestra de forma clara cómo el aluminio *grafenizado* tiene una transmisión de energía mayor, porque es capaz de transferir el calor más efectivamente desde el lugar en que se focaliza la fuente de calor hacia la punta de la varilla en que se encuentra el termómetro.

Además, una vez comienza a descender la temperatura tras retirar la fuente de calor a los 5 minutos, se puede observar que la temperatura en la varilla “grafenizada”, decrece con mayor efectividad que en la varilla no “grafenizada”. Esto quiere decir que el calor se transmite más rápidamente a lo largo de la varilla de aluminio “grafenizada” que sin “grafenizar”. Pero también significa que la temperatura se disipa más rápidamente en la varilla “grafenizada”.



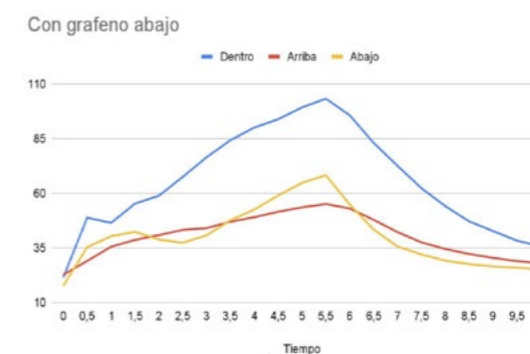
### 5.2.2.- EXPERIMENTO 2.- TRANSFERENCIA DE CALOR EN LATAS DE HOJALATA.

En todas las gráficas podemos observar líneas de varios colores. La línea roja muestra la temperatura en la zona superior de la lata y la amarilla presenta la temperatura en la zona inferior de la lata.

#### 5.2.2.1.- Primera prueba

La **primera gráfica**, muestra la temperatura en una lata “grafenizada” solo en la zona inferior.

Se puede ver en esta gráfica, que la temperatura en la zona inferior crece de una forma un tanto inestable, pero que tiende a asemejarse a la temperatura en la zona superior de la lata. Así, se puede apreciar que con la transmisión de calor que se produce, la temperatura tiende a igualarse en la zona superior e inferior.



Tras retirarse la fuente de calor, podemos observar que la zona “grafenizada” tiene también una mayor capacidad de dispersión de la temperatura.

#### 5.2.2.2.-Segunda prueba

La **segunda gráfica** es la originada en la toma de datos del experimento con la lata “grafenizada” en la zona superior, estando la fuente de calor en la zona inferior.

Se puede observar cómo pese a que la fuente de calor está en el inferior, es esta zona la que menos se calienta, mientras que la temperatura arriba es mayor prácticamente todo el tiempo. Cuando la temperatura comienza a descender, la temperatura en la zona superior e inferior descienden de forma similar, quedando la superior siempre por encima.



Gráfica 03.



## 5.2.2.3.- Tercera prueba

La **tercera prueba**, consta de una lata “grafenada” en todo un lateral, desde abajo hasta arriba.

En este gráfico podemos encontrar que la temperatura en la zona en que se está incidiendo con la fuente de calor crece menos que en la zona superior. Se puede ver claramente cómo el calor se transmite hacia la zona superior de la lata desde abajo.

Gráfica 04.

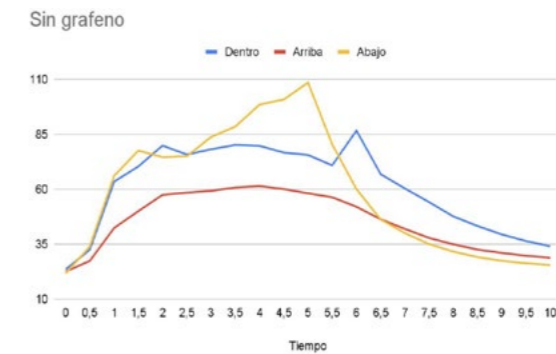


En cuanto a la bajada de temperatura, podría decirse que tanto la temperatura en el punto alto como bajo de la lata decrecen en igual medida prácticamente. En el interior, la temperatura de la lata decrece, en un inicio, de una forma más drástica que el resto de puntos, y luego iguala su velocidad de bajada con el resto de puntos de medición.

## 5.2.2.4.- Cuarta prueba

En la **cuarta prueba**, la lata no está “grafenizada”, es decir, a la lata no se le realiza ningún tratamiento.

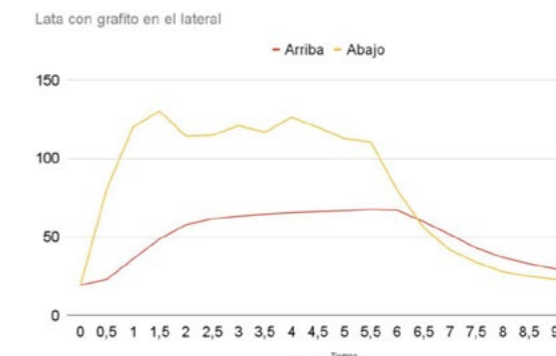
Gráfica 05.



## 5.2.2.5.- Quinta prueba

En la **quinta prueba**, la lata está pintada con grafito en un lateral desde abajo hacia arriba.

Gráfica 06.



En esta gráfica se puede observar que la temperatura en la zona inferior es mayor siempre que la fuente de calor incide en el sistema, además siempre con una diferencia significativa. Tras retirarse la fuente de calor, cuando la temperatura comienza a bajar, lo hace, en la zona inferior de forma más rápida. Así, 1 minuto, la temperatura en la zona inferior ya es menor que en la zona superior. Posteriormente, con una diferencia similar, continúan bajando de temperatura dos zonas hasta los 10 minutos.



## 6.- CONCLUSIONES

**Hipótesis probada:** el aluminio cubierto con grafeno (“grafenizado”) tiene una mayor conductividad calorífica.

**Objetivo 1.** Queda comprobado y demostrado que el proceso de obtención del grafeno propuesto por Jonathan Coleman es veraz.

**Objetivo 2.** Se ha creado un nuevo método efectivo para el recubrimiento de un material con grafeno. Proceso llamado “grafenización”.

**Objetivo 3.** Queda demostrado que la capacidad de transmisión térmica del aluminio “grafenizado”, es mayor.

En el primer experimento, se pudo comprobar que la transferencia de calor era mayor con el aluminio “grafenizado”.

En el segundo experimento, podemos concluir, que tras el análisis de los diferentes modelos y diversos resultados, la diferencia de temperatura entre el punto en que se incide con la fuente de calor y su punto opuesto en la lata, es menor en todo aquel modelo “grafenizado”, sin importar en qué lugar de la lata está colocado. Al igual que la temperatura en la zona en que incide la fuente de calor es menor siempre que la lata tiene grafeno.

Dentro de los varios modelos propuestos en el segundo experimento, el más efectivo para retirar el calor de la zona en que se incide con la fuente de calor, es, según los datos, el modelo “grafenizado” solo en la mitad de la lata, desde abajo hacia arriba (Imagen 6).

Para aclarar que lo que se coloca en la lata mediante el proceso de “grafenización” no es simplemente grafito, se realiza la “Quinta prueba”. Esta tiene grafito, lo que es perceptible a nivel visual y al compararla con la “Cuarta prueba”, los resultados no son los mismos. Se confirma que la lata ha sufrido el proceso en que se ha colocado el grafito. Pero en el interés de saber si no es lo mismo pintar en la lata con un lápiz colocando grafito y “grafenizar” la lata, es una obviedad su diferencia en los gráficos 5 y 6. Los resultados obtenidos en las pruebas 3 y 5 distan entre sí claramente, siendo más efectiva la transferencia y disipación de temperatura en la lata “grafenizada”.

## WEBGRAFÍA

Guerrero,T (15/04/2012). *Grafeno, el material del futuro*. ElMundo de <https://www.elmundo.es/elmundo/2012/04/13/nanotecnologia/1334331314.html>

Grafeno. Wikipedia de [https://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno#cite\\_note-14](https://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno#cite_note-14)



Calderón,J (22/04/2021). *Descubierta una forma para producir grafeno en masa y sin defectos*. Adslzone de <https://www.adslzone.net/2014/04/22/descubierta-una-forma-para-producir-grafeno-en-masa-y-sin-defectos/>

Paton, K., Varrla, E., Backes, C. et al. *Scalable production of large quantities of defect-free few-layer graphene by shear exfoliation in liquids*. Nature Mater 13, 624–630 (2014). Nature de <https://doi.org/10.1038/nmat3944>

Van Noorden,R (20/04/2014). *How to make graphene in a kitchen blender*. Blogs.nature de [blogs.nature.com/news/2014/04/how-to-make-graphene-in-a-kitchen-blender.html](https://blogs.nature.com/news/2014/04/how-to-make-graphene-in-a-kitchen-blender.html)

Gonzalez,D (23/04/2014). *Cómo fabricar grafeno con una batidora, un lápiz, medio litro de agua y lavavajillas*, 23/04/2014. Lasexta de [https://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoploramoviles/como-fabricar-grafeno-batidora-lapiz-medio-litro-agua-lavavajillas\\_2014042257f784dc0cf2a2e945b3ba1d.html](https://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoploramoviles/como-fabricar-grafeno-batidora-lapiz-medio-litro-agua-lavavajillas_2014042257f784dc0cf2a2e945b3ba1d.html)

(22/04/2014). *Cómo hacer grafeno con una batidora de cocina*. Abd de <https://www.abc.es/ciencia/20140422/abci-como-hacer-grafeno-batidora-201404221157.html>

Prada,E (18/05/2020). *Este Español ha revolucionado los Materiales Cuánticos*. QuantumFracture, youtube de <https://www.youtube.com/watch?v=zn4B5nBAhJA&t=1241s>

(05/10/2010). *Andre Geim y Konstantin Novoselov ganan el Premio Nobel de Física 2010*. Agenciasinc de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Andre-Geim-y-Konstantin-Novoselov-ganan-el-Premio-Nobel-de-Fisica-2010>

*Aluminio 6061: Conozca Sus Propiedades y Usos*. Disponible en: <https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/>

*¿Qué es el grafeno?* Disponible en: <https://www.graphenano.com/uploads/2017/11/Que-es-el-grafeno.pdf>

(21/04/2014). *Nuevo método casero de fabricación del grafeno*. Tendencias21 de [https://tendencias21.levante-emv.com/nuevo-metodo-casero-de-fabricacion-del-grafeno\\_a33070.h](https://tendencias21.levante-emv.com/nuevo-metodo-casero-de-fabricacion-del-grafeno_a33070.h)



## El pozo canadiense. Eco-sostenibilidad del confort y etiquetado energético de pabellones deportivos. Caso del sureste de España (Archena)

/ ACCÉSIT

**AUTOR** | MANUEL MESEGUER MEDINA

**COORDINADOR** | FERMÍN GALLEGO MEDINA

**CENTRO** | IES DR. PEDRO GUILLÉN

**CIUDAD** | ARCHENA-MURCIA

### RESUMEN |

En este sentido, los gastos corrientes (electricidad, gas, biomasa, ...) de climatizar en pabellones deportivos son muy elevados dadas las características de volumen y necesidad de renovación del aire, y la visión actual de eco-sostenibilidad queda en entredicho. Además, salvo excepciones, el volumen de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas son muy elevadas. Por otra parte, dados los gastos que suponen, son numerosas las instalaciones deportivas similares que carecen de climatización y sacrifican el confort y la salubridad (Pabellón de Archena).

Estos paradigmas obligan a encontrar opciones alternativas como es la energía geotérmica de poca profundidad (baja entalpía), conocidos como intercambiadores tierra-aire ('pozo canadiense'). Consiste en una sucesión de tubos enterrados de 2 a 10 metros de profundidad, donde la temperatura del terreno se sitúa cuasi estable en torno a los 15°C y es útil en verano e invierno.

El objetivo general del trabajo es determinar la idoneidad eco-sostenible del pozo canadiense en la mejora del confort y etiqueta energética (emisiones de CO<sub>2</sub>) en pabellones deportivos. Se tiene como conclusión que el pozo canadiense es una óptima solución a recuperar y potenciar, no solo en pabellones deportivos sino, en otras instalaciones similares.



### ABSTRACT |

In this sense, the current costs (electricity, gas, biomass, ...) of air conditioning in sports halls are very high given the characteristics of volume and the needs for air renewal. So that, it calls the current vision of eco-sustainability into question. In addition, with few exceptions, the volume of associated CO<sub>2</sub> emissions is extremely great. On the other hand, given the costs involved, there are huge number of similar sports facilities that lack air conditioning and sacrifices comfort and health (Archena's Sport Hall).

These paradigms force the search for alternative options such as shallow geothermal energy (low enthalpy), known as ground-air exchangers ('Canadian Well'). It consists of a succession of tubes buried from 2 to 10 meters deep, where the ground temperature is almost stable (15°C), useful in summer and winter.

The general aim of the work is to determine the eco-sustainable suitability of the Canadian well in improving comfort and energy label (CO<sub>2</sub> emissions) in sports halls. The conclusion is that the 'Canadian well' is an optimal solution to recover and enhance, not only in sports halls but also, in other similar facilities.



## 1. INTRODUCCIÓN

Las fuentes de energía primaria renovables no suponen ni un 15% del total en 2018. (IDAE, 2020). Abordar el concepto de ‘desarrollo sostenible’ conlleva mirar en distintas direcciones y plantear soluciones. Poner en valor técnicas infrautilizadas y factibles es una de ellas (Europa senda-2050 emisiones CO<sub>2</sub>). Es el caso de la energía geotérmica de poca profundidad (baja entalpía) y los intercambiadores tierra-aire o ‘pozos canadienses’. Éstos reducen el salto térmico entre la temperatura interior deseada y la temperatura exterior, mejorando la temperatura de impulsión en la ventilación.

El confort térmico expresa la satisfacción con el entorno térmico y es un aspecto importante en el proceso de diseño de edificios. (Van Hoof, Mazej y Hensen, 2010). Los pabellones deportivos son edificios voluminosos que en muchos casos no están climatizados. El sureste español presenta inviernos no muy intensos y veranos altamente calurosos. Es preceptivo estudiar si el ‘pozo canadiense’ es solución para climatizar y mejorar la etiqueta energética (CO<sub>2</sub>), mejorando el confort y siendo factible, económica y técnicamente.

## 2. OBJETIVOS

**Objetivo General:** Determinar la idoneidad eco-sostenible del pozo canadiense en la mejora del confort y etiqueta energética en pabellones deportivos en el sureste español, valorando la compensación beneficio producido del coste de la instalación y los gastos corrientes derivados de su utilización.

### Objetivos Específicos:

- Establecer las condiciones de confort flexibles en pabellones deportivos, a partir de modelos y bibliografía especializada, adaptadas a las condiciones y usos de estos edificios.
- Calcular la demanda energética global y la de climatización en particular, en el Pabellón Deportivo de Archena, como ejemplo de estos edificios y para las situaciones de confort planteadas.
- Prediseñar la instalación de intercambio tierra-aire para abastecer la demanda térmica y elaborar diseño 3D básico explicativo del mismo.
- Determinar la etiqueta energética inicial y la resultante de la aplicación de las mejoras indicadas.
- Evaluar el coste de instalación-recondicionamiento del edificio y los gastos corrientes de funcionamiento del sistema, determinando su idoneidad.



## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 METODOLOGÍA CREACIÓN MODELO 3D CON SKETCHUP®

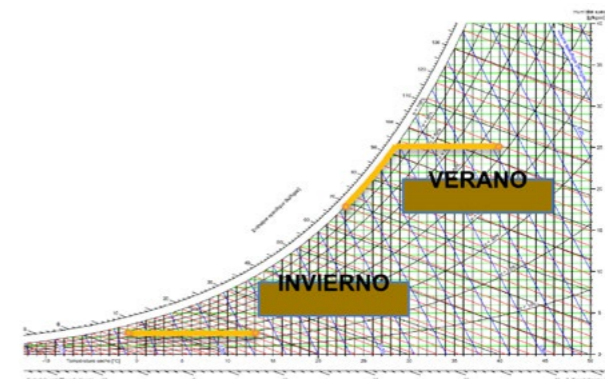
Los pasos son los propios del trabajo en CAD 3D, en especial, el trazado de superficies de base, extruir y vaciar.

### 3.2 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA Y DEMANDA DE CLIMATIZACIÓN

La metodología empleada es la propia del programa de certificación energética CE3X, y que de modo básico se describe del propio manual oficial del programa. Pasos: **1.- Introducción.** Se incorporan los datos básicos de la vivienda: del edificio, del cliente y del certificador. **2.- Definición de la Envolvente Térmica.** La envolvente térmica consiste en establecer los puntos de contacto del edificio con el exterior (fachadas, cubiertas, etc.) **3.- Envolvente: Materiales y Cerramientos/Secciones.** En esta parte es donde se indican los materiales que forman las diferentes secciones constructivas, para toda la envolvente. **4.- Envolvente Cubiertas y Fachadas.** Se aplican los materiales y secciones constructivas a las fachadas. Se requiere superficie y orientación. **5.- Envolvente Suelos, Cámara o Sótano.** **6.- Huecos y Librerías para los Huecos:** Con esta opción se pueden añadir los huecos de las fachadas como las puertas y las ventanas poniendo la tipología y superficie de cada una. **7.- Definición de Instalaciones. Instalación de ACS.** **8.- Obtención de la Certificación Energética.** **9.- Definición de Mejoras a Estudiar. Nueva Calificación Energética con la Mejora introducida.**

Figura 01.

Diagrama psicrométrico del aire en el pozo Verano - Invierno. Fuente: Elaboración propia.



### 3.3 DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE POZO CANADIENSE

El diseño contempla los siguientes criterios: diseñar el uso que queremos dar al sistema en función del espacio a ventilar o “climatizar” (cargas), definir el caudal de aire necesario, analizar la temperatura media del lugar, definir el material del tubo, calcular la extensión en metros de los tubos (conductos). El cálculo de sistemas de tubos enterrados se fundamenta en determinar la superficie total de transferencia necesaria para el intercambio de calor, jugando con





valores como la sección y diámetro, velocidad del aire y el caudal. Todos estos parámetros están ligados al volumen del espacio a ventilar, (Ruiz Muñoz, 2009).

Verano / Invierno: Temperatura del aire de salida ( $T_{as}$ ), del aire de entrada ( $T_{ae}$ ) y del terreno ( $T_{terreno}$ ): Temperatura media del aire en el conducto, la resistencia térmica en la pared por conducción y convección

$$T_{ma} = \frac{(T_{as} + T_{ae})}{2} \quad R_{conducción} = \frac{e}{\lambda} \quad (m^2 K/W) \quad R_{convección} = \frac{1}{5,55 \cdot v^{0,8}} \quad (m^2 K/W)$$

$$R = R_{cond} + R_{conv} \quad (m^2 K/W)$$

$$\text{Flujo de calor (resta a la inversa en invierno): } \varphi_m = \frac{(T_{ma} - T_{terreno})}{R} \quad (W/m^2)$$

Del diagrama psicrométrico del aire tenemos datos para el cálculo de la energía de intercambio (invierno resta inversa).

$$Ee = \left( \frac{i}{v_e} \right)_{entrada} - \left( \frac{i}{v_e} \right)_{salida} \quad (Ws/m^3) \quad \text{La superficie: } S = \frac{Ee \cdot q_t}{\varphi_m} \quad (m^2)$$

Para calcular la longitud del tubo a partir de la superficie necesitamos conocer el perímetro y despejar el valor:

$$\text{Perímetro} = \pi \cdot D \quad (m) \quad L = \frac{S}{\text{Perímetro}}$$

## 4. RESULTADOS

### 4.1 DATOS MODELADO, DEMANDA Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Construcción: 1985 (NBE-CT-79); Situación: La Algaida / Archena / Murcia; Ref. catastro: 0197601XH5109E0001IL; Códigos climáticos: HE-1 B3 HE-4 V.

**INSTALACIONES:** El pabellón carece de sistemas de calefacción ni de climatización. Sólo dispone de instalaciones de iluminación y una mínima instalación de ACS. Dispone de 2 termos eléctricos de efecto Joule (rendimiento 90%), más una pequeña instalación solar ACS (contribución aproximada del 15%).

**DESCRIPCIÓN DEL CERRAMIENTO EN CE3X:** Se han determinado las secciones constructivas de cubiertas, solados y laterales. HUECOS Y CARPINTE-RÍA: Se han definido los huecos para cada cerramiento lateral basado en materiales y dimensiones de planos. El material de estos cerramientos es aluminio corredero o abatible con cristal sencillo de 5mm, y ajuste básico.

**DETERMINACIÓN DE AFORO/ DEMANDA ACS:** El apartado 4.1 de la sección HE4, explica cómo calcular la demanda energética de referencia ACS (temperatura de 60°C). Para ello incluye la tabla de referencia que, en función del



uso del edificio, determina el valor de demanda en litros/día. El aforo del pabellón a partir de superficie total (1455.54 m<sup>2</sup>) y normativa, siendo

$$\frac{1455,54 \text{ m}^2}{5 \text{ m}^2/\text{persona}} \approx 291 \text{ personas. Entendemos que son deportistas el 25\% del aforo}$$

(73 deportistas). La demanda de ACS del pabellón de 73 personas será de 1533l/día, a partir de las tablas anteriores. (DB-HE CTE, 2020) (RITE, 2007)

**RENOVACIONES DE AIRE:** A partir de la tabla 6.4 del RITE y en el caso del pabellón deportivo (IDA 3) obtendremos el caudal de ventilación exterior mínimo.

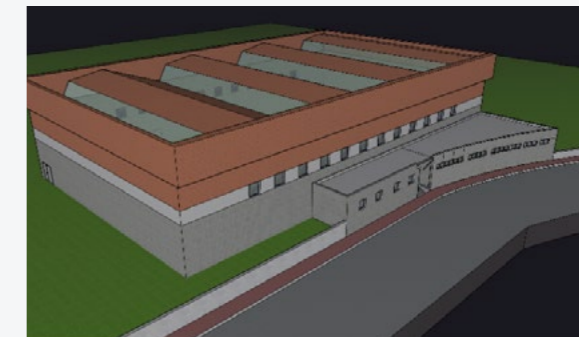
$$8 \frac{dm^3}{s} = \frac{28,8m^3}{h} \quad \frac{28,8m^3}{h} \times 291 \text{ personas} = \frac{8380,8m^3}{h}$$

$$\text{Volumen edificación} = 1455,5m^2 \times 7,3m = 10596m^3$$

$$\text{ren/h} = \frac{\frac{8380,8m^3}{h}}{10596m^3} = 0,791 \approx 0,8 \text{ ren/h Valor muy aproximado al que sugiere CE3X.}$$

Figura 02.

Modelo de Envoltente.  
Vista de la Fachada  
Principal y superior.  
Sketchup Fuente: Propia.



### 4.2 MODELIZACIÓN 3D. ENVOLVENTE TÉRMICA CE3X

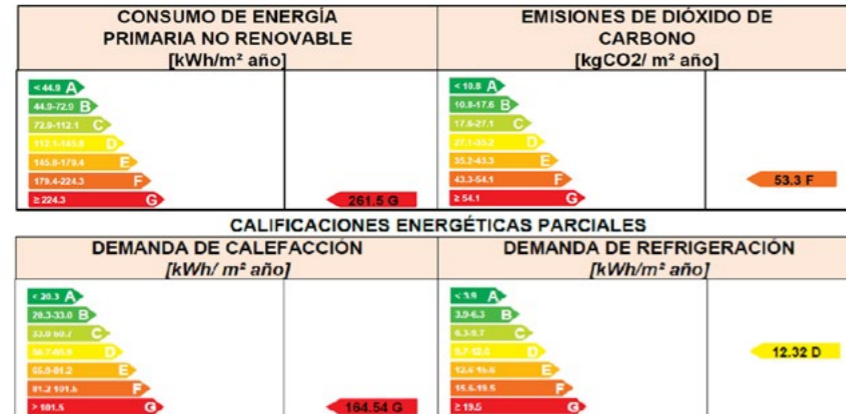
Aplicando la metodología de construcción en Sketchup.

### 4.3 ETIQUETA ENERGÉTICA. CLIMATIZACIÓN Y ENERGÍA PRIMARIA

La calificación energética, obtiene un valor muy malo con una calificación F. En consumo de energía primaria no renovable, la calificación del pabellón es nefasta (G-261,5 kWh/m<sup>2</sup>año). Y un mal valor F (53,3 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) en emisiones de CO<sub>2</sub>. En calefacción y refrigeración, G (164,4 kWh/m<sup>2</sup>año) y D (12,3 kWh/m<sup>2</sup>año).

Figura 03.

Etiquetado energético global y parcial del pabellón en la actualidad. CE3X. Fuente: Propia.



#### 4.4 DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE POZO CANADIENSE

##### 4.4.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Se trabajaron las series de medias de temperaturas (1981-2010) en las cercanías (medias máximas-mínimas en verano-invierno). Tal y como establece Cabezas (2012), el subsuelo a poca profundidad mantiene una temperatura constante de 14-16°C. Además, el coeficiente calorífico volumétrico se sitúa a 1400-1600 kcal/°C·m³ para la mayoría de terrenos (absorber energía y poder liberarla en el intercambio). En el caso del aire este valor es de 0,5 kcal/°C·m³ (secos) y puede llegar hasta 0,7 (húmedos). Por lo tanto, se han tomado como valores de 1500 kcal/°C·m³ para el terreno y 0,65 kcal/°C·m³ para el aire.

Se utiliza acero galvanizado por conductividad térmica (conductividad térmica 50 W/mK), resistencias mecánicas y precio, el único inconveniente es la corrosión (ánodos de sacrificio). Se emplea hormigón como encofrado (coeficiente calorífico 2200-2400 kcal/°C·m³). En verano se puede lograr una impulsión a 22°C y en invierno unos 13°C. Evitar estratificación.

Tabla 01.

Tabla de datos de Volumen de Renovación de Aire. Fuente: Elaboración propia.

| Zona       | Superficie m2 | Altura m | Volumen m3 |     | Caudal m3/h |
|------------|---------------|----------|------------|-----|-------------|
| Vestuarios | 196.2         | 2.7      | 529.7      | 0.8 | 423.8       |
| Pabellón   | 1259.3        | 8.0      | 10074.7    | 0.8 | 8059.8      |
| Total      | 1455.5        |          |            |     | 8483.6      |

##### 4.4.2 CAUDAL DEL AIRE

Recogidas superficies, alturas, renovaciones y caudal impulsión. (Escuer, 2009).

#### 4.4.3 CONSIDERACIONES INTERCAMBIO DE ENERGÍA DEL TERRENO



Para la profundidad a la que ha de ubicarse el intercambiador de conductos ha de tenerse en cuenta: el carácter geotécnico, la ecuación del modelo que describe temperatura y profundidad, y la complejidad y coste de la instalación al aumentar la profundidad (óptima para esta excavación de 4 metros).

Se puede considerar temperaturas entre 14° y 15° C para el intercambio en los meses más desfavorables, enero y julio. Se puede clasificar el terreno de la zona como arcillas limosas con carácter seco, conductividad térmica en 0,8 W/mK y capacidad térmica volumétrica 1,5 M/m³K (Martín, 2018)

La difusividad térmica es el cociente entre conductividad térmica y capacidad térmica volumétrica. Con estos datos es de:  $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c} = \frac{0.8}{1.5 \cdot 10^6} = 0,53 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Consideraremos temperaturas externas en situaciones más desfavorables, serie de temperaturas medias máxima y mínima para la zona (Murcia), aplicamos un incremento desfavorable de 6°C. Teniendo: 40° C en verano y -1° C en invierno.

Por efectividad del intercambio, tubos de acero normalizados y evitar un número de conductos levado, se elige el valor del diámetro de 315 mm. Diámetro efectivo de 313 mm. (Martín, 2018)  $A = \pi \cdot r^2 = 0.0077 \text{ m}^2$ ; Caudal de un tubo  $q_t = A \cdot v = 0.077 \cdot 3 = 0.231 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para el cálculo del número de conductos, se redondeará al alza para evitar aumentar la velocidad del aire de 3 m/s (régimen laminar).

$$8483,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow 2,36 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow n = 2,36/0,231 = 10,21 \cong 11 \text{ conductos}$$

Para el cálculo de la longitud de cada uno de los conductos tenemos que tener en cuenta temperaturas del terreno, temperaturas de entrada del aire y diagrama psicrométrico (Ilustración 1) (Condensado en verano).

Tabla 02.

Resumen de datos del Diagrama Psicométrico:  
Fuente: Elaboración Propia

| PSICOMÉTRICO            | Aire de entrada Verano | Aire de salida Verano | Aire de entrada Invierno | Aire de salida Invierno |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Temperatura (T)         | 40                     | 23                    | -1                       | 13                      |
| Humedad relativa (HR)   | 53% (jun/jul/ago)      | 100% (condensado)     | 65% (Dic/Ene/ Feb)       | 28%                     |
| Entalpía (i)            | 104KJ/Kg               | 69KJ/Kg               | 6 KJ/Kg                  | 19.5 KJ/Kg              |
| Volumen específico (Ve) | 0.923 m3/Kg            | 0.863 M3/Kg           | 0.773 m3/Kg              | 0.813 M3/Kg             |

**Verano:**

Temperatura del aire de salida (T<sub>as</sub>): 23°C; Aire de entrada (T<sub>ae</sub>): 40°C y del terreno (T<sub>terreno</sub>): 16°C; Temperatura media del aire en el conducto: 31,5°C y la resistencia térmica del conducto: 0,076 m<sup>2</sup>K/W; Flujo de calor: 203.9 W/m<sup>2</sup> Intercambio energético: 32723 Ws/m<sup>3</sup>; Superficie de intercambio 37,07m<sup>2</sup>; Longitud de los tubos: 37.70m. Siendo entonces el total de la instalación para la situación de verano (11 conductos en paralelo y cada tubo mide 38 metros).

**Invierno:**

Temperatura del aire de salida (T<sub>as</sub>): 13°C, Aire de entrada (T<sub>ae</sub>): -1°C y del terreno (T<sub>terreno</sub>): 14°C; Temperatura media del aire en el conducto: 6°C y la resistencia térmica del conducto: 0,076 m<sup>2</sup>K/W; Flujo de calor: 105.26 W/m<sup>2</sup>; Intercambio energético: 16223 Ws/m<sup>3</sup>; Superficie de intercambio: 35.60m<sup>2</sup>; Longitud de los tubos: 36.2m; Siendo entonces el total de la instalación para la situación de invierno (11 conductos en paralelo y cada tubo mide 37 metros) Siendo la condición más desfavorable la de verano.

4.4.4 CONSIDERACIONES FINALES, ELEMENTOS Y PUESTA EN OBRA

La sección de los colectores de admisión e impulsión considera una velocidad de 5 m/s, adecuada para evitar ruido en la ventilación. Tubo de diámetro 800mm y espesor 1.25mm para las secciones horizontales y 900mm en verticales.

$$A_{colector} = \frac{q_l}{v} = \frac{2,36m^3/s}{5 \frac{m}{s}} = 0,4714m^2 \quad D_{col} = \sqrt{\frac{A_{col} \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,4714 \cdot 4}{\pi}} = 0,775m$$

4.4.5 PRESUPUESTO APROXIMADO. VIABILIDAD ECONÓMICA

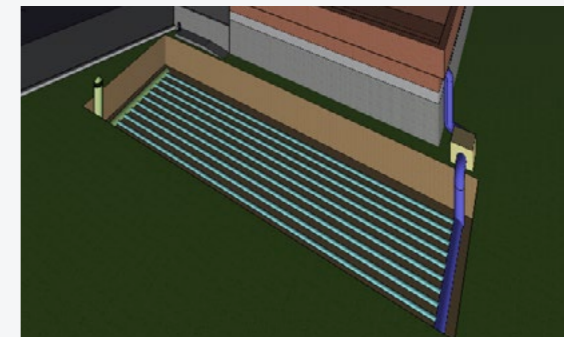
El precio orientativo de los materiales basados en Novatub (2015) y otros trabajos de instalación, es de 30.542,56 €. Supone un 2% de la construcción.

4.5 3D DEL POZO CANADIENSE DISEÑADO

En SketchUp se integran los elementos básicos del pozo canadiense.

Figura 04.

Modelo de 3D Sketchup.  
Fuente: Propia.



4.6. VALORACIÓN DE POSIBLES MEJORAS. POZO CANADIENSE

**1ª Opción evaluada:** Ampliar la instalación solar para extender el consumo de ACS con renovables hasta el100%. Esta mejora no altera las calificaciones de demanda. La demanda de energía primaria no renovable se ve reducida de 261.5 G a 224,9 G (no significativo). Respecto de la calificación energética general (Emisiones de CO<sub>2</sub>), esta se ve reducida desde 53,3 F a 47,11F. No logra un gran ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> como para mejorar la letra del etiquetado.

Figura 05a.

Resultados de las etiquetas al simular cuatro opciones de mejora.  
Fuente: Propia con CE3X.

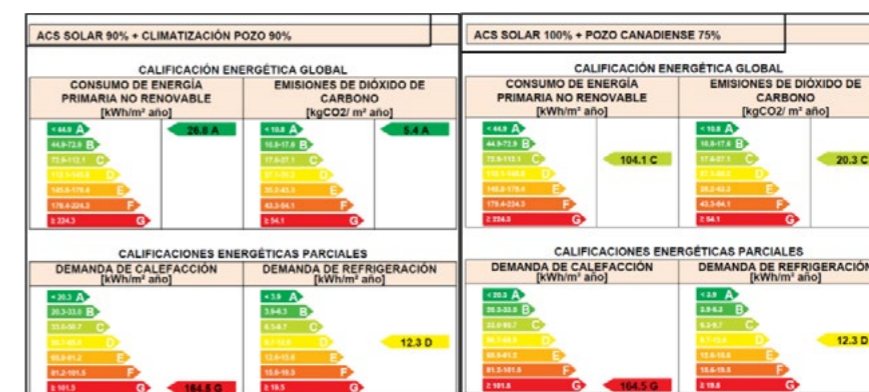
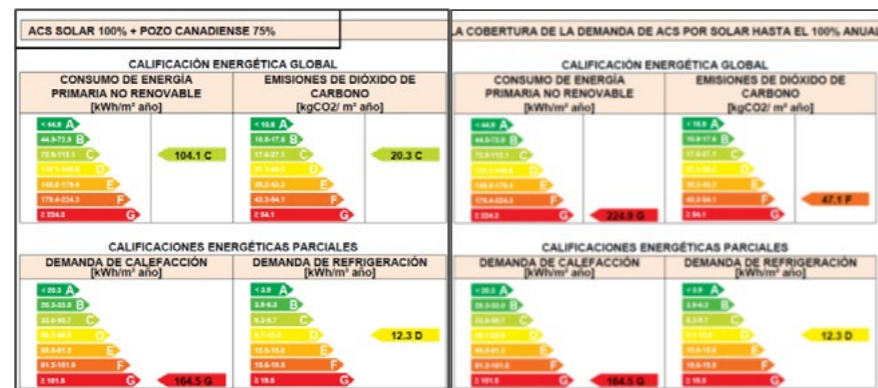


Figura 05b.

Resultados de las etiquetas al simular cuatro opciones de mejora.  
Fuente: Propia con CE3X.



**2ª Opción evaluada:** Manteniendo la idea de abastecer mediante solar al 100% el ACS, se añade la cobertura del 75% de Calefacción y Refrigeración mediante el Pozo Canadiense. Sólo no las cubrirá aquellos días con temperaturas extremas frente a las de diseño (-1°C en invierno y 41°C en verano). En esta situación, la demanda de climatización no se ve alterada, pero logramos cubrirlas mediante una fuente renovable, que no genera CO<sub>2</sub>. El etiquetado de consumo de energía primaria no renovable mejora de 261.5 G hasta 104.1 C, y lo más importante, el etiquetado general (CO<sub>2</sub>) mejora de 53,3 F a 20.3C.

**3ª Opción evaluada:** Diseño de un pozo canadiense que cubra el 70% de la demanda de climatización y la instalación de un falso techo en la zona de mayor transmitancia térmica (cubierta metálica del pabellón). Disminuye los requisitos de demanda de calefacción y climatización parcialmente desde 164.54G a 112.4G, y mayormente la de refrigeración de 12.32D a 4.6B. Además de esto, la contribución del pozo canadiense lleva el consumo de energía no renovable a una mejora sustancial de 261.5G hasta 51,4B, y consecuentemente el etiquetado general desde 53.3F hasta 10.6A. Sin embargo, conlleva un sobre coste elevado, y no satisface la total renovación del aire del mismo.

**4ª Opción evaluada:** Determinamos cubrir el 90% de la demanda de ACS con energía solar y también el 90% de la climatización con el pozo canadiense (se acerca a valorar la realidad contemplando baja presencia solar y días extremos para el pozo canadiense). Se cubre con el 100% de las condiciones de renovación del aire (salubridad). Vemos que sin tener que aceptar un sobre coste por reforzar el aislamiento del pabellón, esta opción obtiene mayores mejoras. Así, aunque la demanda de climatización no se altera, el consumo de energía no renovable pasa de 261.5G a 26,8A y las emisiones de CO<sub>2</sub> de 53,3F a 5,4A.

## 5. ANÁLISIS

Siendo A la mejor calificación energética y G la peor, la del pabellón de Archeña es de F (53,3) en emisiones CO<sub>2</sub> asociadas (cambio climático). Así, la etiqueta

de consumo de energía primaria no renovable es de G (261,5), la demanda de calefacción es de G (164,54) y la de refrigeración D (12,32).

La instalación deportiva requiere, por su uso (deportivo) de unas renovaciones del volumen de aire elevadas (8 renov/h), y una exigencia muy alta de demanda de calefacción y refrigeración. Además, ésta no se realiza en este pabellón. Por otro lado, la ejecución de la envolvente térmica del edificio presenta soluciones con aislamiento bajo o muy bajo, especialmente en la cubierta, que es metálica.

Existen diversas opciones de mejora de esta etiqueta, principalmente en la línea de mejora de la envolvente o en la de empleo de energías renovables de baja o nula emisión de CO<sub>2</sub>, para el ACS y climatización. El refuerzo de la envolvente implica un sobre coste importante (que hará que se descarte), no así la del pozo canadiense, de bajo costo de instalación y gastos corrientes. Respecto de la demanda de ACS, se estima conveniente ampliar la instalación al 100%.

La ampliación de ACS solar, el refuerzo de la envolvente en la cubierta combinado con un pozo canadiense para el 70% de la demanda de climatización, mejora significativamente el etiquetado, sin embargo, esta solución conllevará dobles gastos importantes (refuerzo de aislamiento y construcción del pozo), y puede ser deficitaria con el volumen de aire a renovar (actividad metabólica alta o muy alta). Es por esto que una solución con sólo refuerzo de aislamiento no es viable ya que no satisface las 8 renov/h (RITE, 2007).

Apostar por un sistema de calefacción-refrigeración cuasi-integral renovable mediante pozo canadiense (hipótesis de este trabajo) puede ser más interesante. Este sistema mejorará la etiqueta energética, aunque no reduzca la demanda de climatización, ya que usa energías alternativas y emisiones de CO<sub>2</sub> casi nulas. Así una situación real con ACS al 90% solar, y un pozo canadiense para el 90% de la demanda de climatización (salvo días puntuales que sobrepasan las temperaturas de diseño de -1° C en invierno y 41°C en verano), logra un etiquetado excelente (mejor que plantear un refuerzo de la envolvente).

El pozo canadiense soluciona tanto climatización como renovaciones del aire (salubridad y concentración de CO<sub>2</sub>). Además, las necesidades confort en esta instalación no son tan severas porque el clima del sureste español tiene inviernos poco severos y es fácil acercarse a temperaturas de impulsión de 15°C (hasta 18°C con recuperación) y en verano el sistema cumple objetivos, ya que la temperatura de intercambio del suelo a 15 favorece alcanzar los 25-26°C deseados. Además, cuando la actividad metabólica es alta (deporte), el porcentaje de personas inconformes (PPD) al estar por debajo unos grados de la temperatura estándar de máximo confort, no es tan alto. (Van Hoof et al., 2010)

Hacemos hincapié en su posible extensión a centros educativos en junio y septiembre, por altas temperaturas.



## 6. CONCLUSIONES

Disponemos de un rango de temperaturas de confort flexibles, justificándose en la situación geográfica del levante y la alta actividad metabólica y adecuación de vestimenta de los deportistas, cayendo el porcentaje de insatisfechos cuando nos distanciamos de temperaturas de confort de otras actividades.

Se ha calculado mediante el programa Sketchup y CE3X la envolvente térmica del edificio, determinando las demandas energéticas globales y las de climatización en particular para el Pabellón Deportivo de la Algaida - Archena, pudiendo análogamente hacerse por igual procedimiento a otros similares.

Se han realizado los cálculos para el diseño de la instalación de pozo canadiense, obteniendo la longitud de los tramos y el número de conductos de la rejilla Techelmann, la sección de los mismos y de los colectores, y se ha elaborado un diseño 3D del proceso constructivo.

Se ha determinado que, siendo la etiqueta energética inicial F, la solución óptima es la de empleo único del pozo canadiense para satisfacer la mayor demanda de climatización posible, evitando los costes de refuerzo de aislamiento necesarios para reducir la demanda de climatización. Se alcanza la categoría A. Además, el coste de instalación actual de un pozo canadiense supone aproximadamente el 2% de la construcción de un pabellón nuevo.

Como conclusión final, se ha visto que el pozo canadiense es una solución eco-sostenible para climatizar pabellones deportivos del sureste español, cubre las necesidades de confort, y deja abierta la puerta a investigar esta conveniencia en otros edificios como centros educativos, naves industriales, etc...).

## 7. AGRADECIMIENTOS

Agradecer al IES Dr. Pedro Guillen, en especial a Fermín Gallego tutor del proyecto. También a Gemma Vázquez y Josefa Ros de la UPCT.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Tapullima, C. D., Chimbo, O., y Beymer, R. (2019). Estado del arte del aprovechamiento de energía geotérmica para climatización de ambientes mediante la técnica de pozo canadiense. Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Perú.
- Brunat, L., y Escuer, J. (2010) "Intercambiadores Tierra-Aire y Técnicas Emparentadas. Ejemplos y Experiencias". *Geoconsultores Técnicos Y Ambientales, S.L*



- Cabezas, A. M. (2013). *Eficiencia energética a través de la utilización de pozos canadienses con el análisis de datos de un caso real "Casa Pomaret"*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. España.
- DB-HE, CTE. (2020). Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. España.
- Escuer, J., (s.f.) "Intercambiadores Tierra-Aire en la Climatización de Construcciones. Pozos provenzales y Técnicas Emparentadas". Geoconsultores Técnicos Y Ambientales, S.L.
- IDAE (2012). *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X*. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. IDAE. España.
- IDAE (2020). *Informe sintético de indicadores de eficiencia energética en España*. Año 2018. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. España.
- Martín Díaz, S. (2018). *El terreno como intercambiador. Enfriamiento pasivo aplicado a un edificio de nueva planta*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Rite - Reglamento instalaciones térmicas en los edificios (2007). Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. España.
- Ruiz Muñoz, P. J., 2009. "Arquitectura Bioclimática y Construcción Sostenible". Disponible en: <https://sites.google.com/site/pjuizarquitecturabioclimatica/home> [Consultado el 15 10 2020].
- Van Hoof, J., Mazej, M., y Hensen, J. L. (2010). "Thermal comfort: research and practice". *Frontiers in Bioscience*, 15(2), 765-788.

# CIENCIAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MATEMÁTICAS

---

## PRIMER PREMIO |

- 396 - **Influencia del nivel cultural en la extinción del Homo Neanderthalensis en su competición con el Homo Sapiens: Análisis mediante el juego de contiendas**  
PATRICIA GONZÁLEZ PIQUERO
- 408 - **Recuperación del polvo de lija en la fabricación de pinturas**  
GIOVANNI MARÍN MUÑOZ, VÍCTOR GONZÁLEZ BOLUDA Y JESÚS VERDEJO RUBIO

## SEGUNDO PREMIO |

- 420 - **¡Brillante! Cristales a la carta**  
ÁNGEL RODRÍGUEZ JIMÉNEZ
- 433 - **A la caza de exoplanetas. Análisis de los tránsitos de WASP-12b**  
CARLOTA AYBAR CANÓN

## TERCER PREMIO |

- 442 - **La paradoja de las medidas higiénicas en las aulas: ¿limpias o contaminas?**  
ADRIANA GALINDO FERNÁNDEZ
- 455 - **La energía más limpia: las celdas de combustible microbianas**  
MARTÍ COUSILLAS ALMAR

## ACCÉSIT |

- 465 - **Somos masa o energía**  
MANUEL ESTEBAN BARTOLOMÉ, MELQUÍADES GÁLVEZ MARTINI Y HELENA DE LA FLOR PARRA.
- 476 - **Determinación experimental del parámetro de red de una pluma mediante difracción**  
MARÍA MARTÍNEZ PALLARÉS





## Influencia del nivel cultural en la extinción del Homo Neanderthalensis en su competición con el Homo Sapiens: Análisis mediante el juego de contiendas

/ PRIMER PREMIO

**AUTORA** | PATRICIA GONZÁLEZ PIQUERO

**COORDINADOR** | SALVADOR FERNÁNDEZ CASARES

**CENTRO** | IES GERARDO DIEGO

**CIUDAD** | POZUELO DE ALARCÓN-MADRID

### RESUMEN |

Se presenta un estudio de la extinción del Homo neanderthalensis mediante un juego de contiendas de Tullock. Para ello se desarrolla un modelo fundamentado en una de las posibles causas de la extinción del Homo neanderthalensis: la llegada del Homo sapiens a Europa y la competición entre ellos. Considerando que el nivel cultural de las especies pudo ser un factor clave en la contienda, ya que podía aumentar la eficacia del esfuerzo realizado, lo introducimos en la función de éxito de Tullock. La dinámica de la proporción de individuos de cada especie viene regida por la ecuación del replicador, pero acoplada ahora con las ecuaciones que describen la evolución temporal de su nivel cultural.

Los resultados muestran que, en el estado estacionario, la coexistencia entre especies no es posible, pues cualquier pequeña modificación en la proporción de sapiens o en su nivel cultural, provoca la extinción de una de las dos especies. Por otro lado, el modelo también predice la existencia de un umbral en la concentración inicial, que los Sapiens debieron superar para establecerse y extinguir a los Neandertales. Mostramos también que la reducción de ese umbral aumentando el nivel cultural con que la especie sapiens irrumpe en la contienda es poco significativo. Cuando la contienda tiene un coste, la capacidad de aprender de la especie Sapiens y su relación con la optimización del esfuerzo pudo ser determinante en la reducción del umbral. Debido a la creatividad de los sapiens, ambas cosas parecen haber ocurrido.



### ABSTRACT |

A study of the extinction of Homo neanderthalensis using the Tullock contest is presented. For this, a model is developed based on one of the possible causes of the extinction of Homo neanderthalensis: the arrival of Homo sapiens to Europe and the competition between them. The cultural level of the species is introduced in the contest because we consider this skill could have been a key factor in the contest since it could increase the contest effectiveness of the effort made in the Tullock contest. The dynamics chosen for the population is the replicator equation as it models the variation of the proportion of individuals of each species. This equation is now coupled with the temporal evolution of their cultural level.

The results show that, in the stationary state, coexistence is not possible, for a small change in Sapiens proportion or in their cultural level, yields the extinction of one of the species. The model also predicts the existence of a threshold in the initial concentration, which the Sapiens had to overcome to establish themselves and extinguish Neanderthals. We also show that reducing this threshold by increasing the cultural level with which the Sapiens break into the conflict is not very significant. When the contest has a cost, the ability to learn of Sapiens species and its relationship with the optimization of the effort could be decisive in the reduction of the threshold. Due to the creativity of Sapiens, both things seem to have happened.



## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las causas de la extinción del Neandertal siguen siendo desconocidas actualmente. Sin embargo, el hecho de que ocurriese tan solo 20.000 años después de la llegada del Sapiens a Europa hace suponer que pudo deberse a la interacción con esa nueva especie. Utilizando la teoría de juegos, en este trabajo se elabora un modelo que estudia posibles factores que pudieron ser determinantes, entre ellos el nivel cultural de las especies.

La exclusión competitiva ha sido usada varias veces en modelos matemáticos que describían la extinción del neandertal (Flores, 1998, p. 2; Banks *et al.*, 2008, p. 2; Gilpin, Feldman, y Aoki, 2016, p. 2; Keskin, Özgür y Saglam, 2020, p. 2). Feldman (2016) propone un modelo basado en las ecuaciones de competición exclusiva de Volterra con un término logístico de saturación junto con ecuaciones que describen la evolución temporal del nivel cultural de ambas especies. Por otra parte, Keskin (2020) utiliza un modelo en el que considera una distribución espacial de clanes. Lo interesante de este último modelo es que describe la competición entre los individuos de especies distintas mediante la contienda de Tullock (Corchón), aunque no propone una dinámica de la contienda junto con una evolución del nivel cultural de la especie, sino que, después de cada jugada, los individuos aprenden de los otros individuos más cercanos y la red de clanes se modifica para realizar la siguiente jugada.

## 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Puesto que el nivel cultural aumenta con el aporte de cada individuo, y que la deficiencia en el aporte cultural individual puede verse compensada por el número de individuos, nosotros trabajaremos con la hipótesis de que la cantidad de Sapiens que emigraron a Europa desde África, comparada con la cantidad de Neandertales, tuvo importancia en el establecimiento del Sapiens en detrimento del Neandertal. De ser cierta esta hipótesis, ¿fue éste el factor más decisivo? ¿Qué otros factores influyeron? ¿Podría haber ocurrido que el esfuerzo realizado en la competición ayudara a que la especie Neandertal se extinguiera más rápidamente? Basándonos en los modelos de Feldman (2016) y Keskin (2020), proponemos un modelo que aporta cierta luz sobre las condiciones que debieron darse para que, en una competición excluyente, la especie Sapiens se estableciera y la especie Neandertal se extinguiera.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. MODELO SIN COSTE: EL ESFUERZO REALIZADO POR AMBAS ESPECIES ES EL MISMO Y NO SUPONE UN COSTE MARGINAL

El modelo de evolución del Homo sapiens y Homo neanderthalensis que se presenta trata de describir la posible dinámica evolutiva de ambas especies, en la que se considera la interacción entre ambas especies como una contienda



por los recursos (alimentos o de otro tipo) en la que el nivel cultural de cada una de ellas juega un papel clave.

De la misma manera que el número de individuos de cada especie evoluciona con el tiempo dependiendo de los beneficios que obtengan en la contienda, el nivel cultural de cada especie evolucionará también, debido a la aportación cultural de sus individuos y de su capacidad para transmitirlo a la siguiente generación. Las ecuaciones que rigen la dinámica serán:

$$\dot{x}_i = x_i(\varphi_i - \Phi) \quad (1)$$

$$\dot{c}_i = -\gamma_i c_i + \delta_i N_i \quad (2)$$

La ecuación (1) es la ecuación del replicador (A. Cuesta, J. 2009) donde  $x_i$  es la proporción de la especie  $i$ ,  $\dot{x}_i$  su derivada respecto del tiempo,  $\varphi_i$  los beneficios de la especie  $i$  y  $\Phi$  los beneficios medios de la población. Por otra parte, la evolución del nivel cultural  $C_i$  viene dada por la ecuación (2), donde la constante expresa el fallo en la transmisión por unidad de cultura, y  $\delta$  la cantidad de cultura que aporta cada individuo por unidad de tiempo (Ghirlanda, Stefano & Enquist, Magnus. 2007).

Este sistema presenta un problema a priori: la ecuación del replicador rige la dinámica de la proporción de individuos lejos de la saturación de la curva logística<sup>1</sup>. Aunque la proporción se estabilice, el número de individuos crecerá exponencialmente y el nivel cultural evolucionará también exponencialmente, de manera que, aunque los beneficios de una especie se reduzcan a cero y se extinga, la otra especie seguirá aumentando exponencialmente su nivel cultural, sin alcanzar un equilibrio. Como estamos interesados en un posible equilibrio y el número de individuos no lo alcanzará, introduciremos una nueva variable, el nivel cultural relativo al número total de individuos. Esto nos permitirá encontrar puntos de equilibrio en un sistema de ecuaciones acopladas que describe la dinámica de la proporción y este nivel cultural relativo.

De esta forma la evolución de esta nueva variable  $c$ , será:

$$\dot{c}_i = -c_i \Upsilon_i + \delta_i x_i \quad (3)$$

donde el fallo en la transmisión por unidad de cultura relativa ya no es constante, puesto que depende de los beneficios conjuntos;

$$\Upsilon_i = (\gamma_i + \Phi) = \gamma_i + w(1 - x_1 x_2).$$

<sup>1</sup> La curva logística estará saturada cuando el medio no sea capaz de soportar el total de individuos, lo que denominaremos como capacidad de carga. La ecuación que describe esta saturación sería:

$N = N1 - NN_{max}$ , siendo  $N$  el número de individuos.





Para obtener los beneficios de cada especie utilizaremos la función de éxito utilizada en la “Contienda de Tullock” conocida como “lotería” o “la Ratio” (Corchón, L. C.) donde tendremos en cuenta que el esfuerzo realizado por cada especie ( $E_i$ ) será modulado por la habilidad en la contienda, que consideraremos proporcional al nivel cultural. Si la constante de proporcionalidad es igual para las dos especies, la función de éxito de la especie  $i$ , definida como la probabilidad de éxito es:

$$p_i = \frac{c_i E_i}{c_1 E_1 + c_2 E_2} \quad (4)$$

La probabilidad de que una especie tenga éxito en la contienda,  $p_i$ , será el cociente entre la apuesta de esta especie, que vendrá dada por el producto del esfuerzo que realiza y su habilidad en la contienda (proporcional al nivel cultural), y la suma de todas las apuestas.

Agrupando información anterior, obtenemos una matriz de pagos  $A$ , donde el elemento  $a_{ij}$  indica el pago esperado por un individuo de la especie  $i$  cuando interactúa con un individuo de la especie  $j$ , en la que  $w$  representa el recurso:

$$A = \left( w w \frac{c_1}{(c_1+c_2)} \quad w \frac{c_2}{(c_1+c_2)} \quad w \right) \quad (5)$$

### ANÁLISIS DEL EQUILIBRIO

Para hacer el estudio analítico igualamos a cero las derivadas de  $x_i$  y de  $c_i$  en las ecuaciones (1) y (3), obteniendo los siguientes equilibrios en la proporción:

$$\dot{x}_1^* = 0, \dot{x}_1^* = 1, \text{ y } \dot{x}_1^* = \left( 1 - \frac{c_1^*}{c_1^* - c_2^*} \right).$$

Ante la complejidad del análisis, nosotros estudiamos el equilibrio para el caso  $\gamma_1 = \gamma_2$ , obteniendo dos puntos frontera de equilibrio  $P_1(0,1)$ ,  $P_2(1,0)$  y único punto de equilibrio interior con coordenadas:

$$P_3 \left( \frac{-\delta_2 + \sqrt{\delta_1 \delta_2}}{\delta_1 - \delta_2}, \frac{\delta_1 - \sqrt{\delta_1 \delta_2}}{\delta_1 - \delta_2} \right) \quad (6)$$

Los puntos de equilibrio en los que permanece una sola especie son estables, mientras que el equilibrio en que ambas coexisten es inestable, y una pequeña perturbación aleja exponencialmente el punto  $X(x_1, x_2)$  del equilibrio interior sintiéndose atraído por el punto (1,0), si la perturbación es positiva o por el punto (0,1) si es negativa.

La inestabilidad del equilibrio interior significa que nuestro modelo predice que, tras un tiempo transitorio en que ambas especies compiten por los recur-



sos, en el equilibrio, la extinción de una de las especies es inevitable, ya que no es verosímil que la dinámica competitiva comience de manera que las condiciones iniciales coincidan con las del equilibrio interior y no haya ninguna perturbación del sistema a lo largo del tiempo. Por otra parte, el modelo también predice que para concentraciones iniciales de Sapiens por debajo del equilibrio inestable, la estrategia Sapiens no es evolutivamente estable. Este resultado, según nuestro modelo, muestra que las poblaciones de esta especie llegadas desde África a Europa debieron superar un umbral para prosperar en Europa.

### 3.2. MODELO CON COSTE: EL ESFUERZO DE CADA ESPECIE PUEDE SER DISTINTO Y SUPONE UN COSTE MARGINAL

A continuación, introducimos un coste marginal de 1, de forma que, el coste (pérdida) sea igual al esfuerzo. De esta forma, el pago obtenido por cada individuo de la especie  $i$  cuando compite con la especie  $j$  es:

$$b_{ij} = w \frac{c_i E_i}{(c_i E_i + c_j E_j)} - E_i \quad (7)$$

Si se realiza un sobresfuerzo, el coste puede ser mayor que el recurso obtenido. Por ello primero buscaremos el esfuerzo que maximiza el pago y que, por tanto, hará que los contendientes jueguen en el equilibrio de Nash. El pago medio que recibe un individuo de la especie  $i$  al interactuar con la especie  $j$  optimizando ambos el esfuerzo, es:

$$b_{ij} = w \frac{c_i^2}{(c_i + c_j)^2} \quad (8)$$

En este caso los equilibrios frontera aparecen nuevamente. La existencia de equilibrio interior es más difícil de estudiar analíticamente, por lo que lo buscaremos efectuando distintas simulaciones con *Octave*.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. RESULTADOS CON EL MODELO SIN COSTE

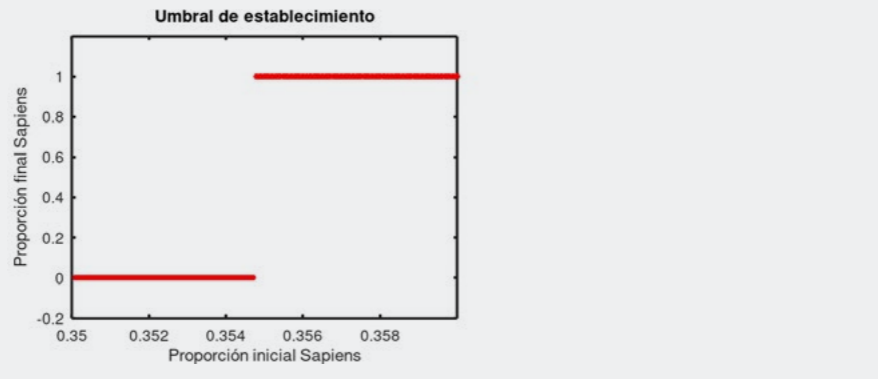
Con el fin de estudiar la dinámica evolutiva de ambas especies convertimos en diferencias las ecuaciones (1) y (3). Para comprobar la validez del modelo en diferencias, compararemos lo obtenido en la simulación con lo obtenido en el análisis precedente.

Las proporciones iniciales no fueron simétricas, ya que los Sapiens llegaron de África en mucha menor cantidad que los Neandertales. Como hemos visto analíticamente, la coexistencia final no debe darse excepto si la proporción inicial de Sapiens coincide con el valor en el equilibrio interior, que estudiado analíticamente para los valores de  $\delta_1$  y  $\delta_2$  de la figura 1, será:

$$p_i = \frac{c_i E_i}{c_1 E_1 + c_2 E_2} \quad (4)$$

Figura 01.

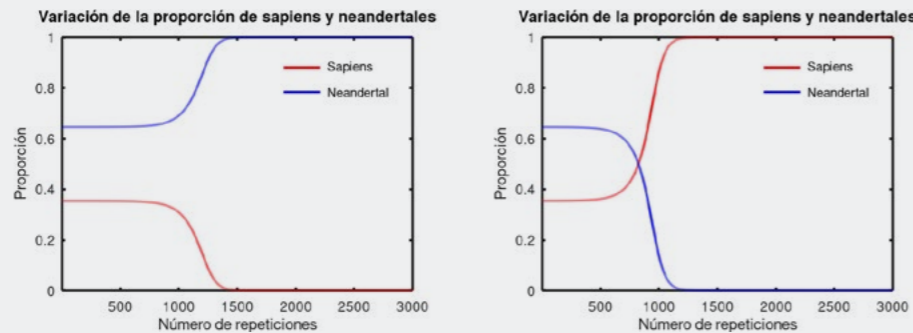
Umbral de establecimiento numérico para  $c_{sapiens}(t=0)=c_{neandertal}(t=0)=0,1$ ,  $w=0,02$ ,  $X(t=0)=variable$ ,  $Y_{sapiens}=Y_{neandertal}=0,5$ ,  $\delta_{sapiens}=1$ ,  $\delta_{neandertal}=0,3$



En la figura 1 mostramos el valor en equilibrio de  $x_{sapiens}$  para estas condiciones. Apreciamos un salto brusco de una proporción final de cero a una proporción final de uno, para una proporción inicial de sapiens entre 0,3547 y 0,3548. Este valor sería el equilibrio interior obtenido numéricamente, que concuerda en sus dos primeras cifras decimales, con un error relativo de 0,2 %, lo que confirma lo adecuado del método numérico. Este sería el umbral en la proporción que debió haber superado la migración de Sapiens si las condiciones iniciales hubieran sido las que hemos utilizado.

Figura 02.

Simulación de la dinámica con el modelo sapiens-neandertal para valor inicial a):  $c_{sapiens}(t=0)=c_{neandertal}(t=0)=0,1$ ,  $w=0,02$ ,  $X(t=0)=(0,3547, 0,6453)$ ,  $Y_{sapiens}=Y_{neandertal}=0,5$ ,  $\delta_{sapiens}=1$ ,  $\delta_{neandertal}=0,3$   
 b): mismos valores que en a) pero con proporciones iniciales superiores al umbral:  $X(t=0)=(0,3548, 0,6452)$



En la figura 2 mostramos la dinámica para concentraciones iniciales cercanas al umbral obtenido en la simulación, junto con la variación de los niveles culturales. Se puede observar que en la gráfica a), donde la proporción inicial de Sapiens está debajo del valor umbral obtenido, esta especie no consigue establecerse, ya que, aunque el aporte al nivel cultural por individuo sea mayor, inicialmente no son individuos suficientes como para establecerse en el medio. En cambio, la gráfica b) muestra lo que ocurre cuando la proporción de sapiens inicial supera el umbral, por lo que la especie Sapiens acaba estableciéndose, extinguiendo a la especie Neandertal.

Con objeto de ver la influencia del nivel cultural inicial en el umbral efectivo de establecimiento, aumentamos aproximadamente 200 veces el nivel cultural de la especie sapiens. Obtenemos una nueva aproximación del umbral de establecimiento en el intervalo (0,3494, 0,3495). El hecho de irrumpir en la contienda con un nivel cultural mayor disminuye el umbral de estacionamiento, pero de manera no significativa, ya que, el umbral solo se ha dividido aproximadamente por 1,021.

#### 4.2. RESULTADOS CON EL MODELO CON COSTE

Estudiamos como varía el umbral de establecimiento al introducir un coste marginal, y obtenemos un aumento con respecto al valor numérico obtenido con el modelo sin coste marginal, estando ahora en el intervalo (0,3816, 0,3817). Aunque los resultados cualitativos no cambian al tener en cuenta el coste marginal, tomaremos este valor (con un aumento del 7,6% sobre el modelo sin coste) como más apropiado para el siguiente estudio.

La suposición de que ambas especies optimizan su esfuerzo podría ser aceptable, pero, ¿qué ocurriría si el mayor nivel cultural de la especie Sapiens y su mayor creatividad hiciera que aprendiera a optimizar su esfuerzo para maximizar el pago en la contienda, mientras que el Neandertal no hubiese sido capaz de lograr esta habilidad y realizase un sobreesfuerzo?

A partir de (7), podemos obtener el esfuerzo que maximiza el beneficio de la especie 1 (Sapiens en nuestro caso) en función del esfuerzo de la especie 2. Este esfuerzo óptimo es:

$$E_1 = \frac{\sqrt{w c_1 c_2 E_2} - c_2 E_2}{c_1} \quad (9)$$

con la restricción  $E_1 \geq 0$ .

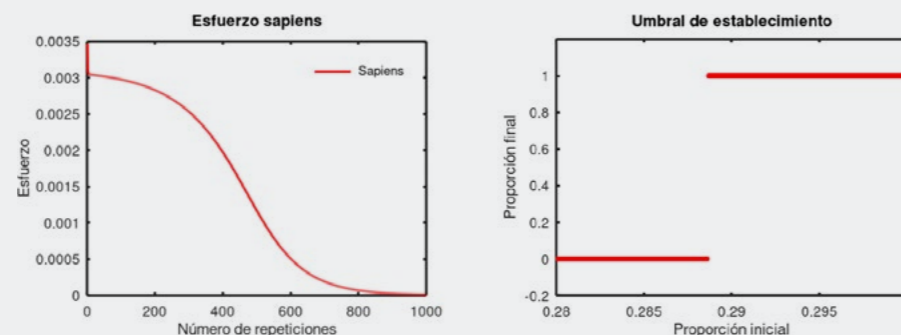
Introduciendo este esfuerzo en el modelo para el Sapiens, pero manteniendo el esfuerzo constante del Neandertal con valor de una milésima, obtenemos un resultado muy interesante al comparar con el caso en el que ambas especies contendientes optimizan el esfuerzo: si Sapiens aprendió a optimizar el esfuer-

zo mientras que Neandertal mantuvo siempre el mismo esfuerzo, la especie Sapiens pudo establecerse con una menor irrupción de individuos en el nicho ecológico de Neandertal.

Figura 03.

a) Simulación de la dinámica con el modelo sapiens-neandertal con coste marginal y pago maximizado para valor inicial  $c_{\text{sapiens}}(t=0)=c_{\text{neandertal}}(t=0)=0,1$ ,  $w = 0,02$ ,  $X(t=0)=(0,3, 0,7)$ ,  $Y_{\text{sapiens}}=Y_{\text{neandertal}}=0,5$ ,  $\delta_{\text{sapiens}}=1$ ,  $\delta_{\text{neandertal}}=0,3$

b) Obtención del umbral de establecimiento para los mismos valores que en a), donde se ha variado la proporción inicial de Sapiens.



En la figura 3 se muestra el umbral de establecimiento obtenido ahora junto con la dinámica cerca de este umbral para los valores anteriores y un esfuerzo no optimizado (aunque no muy alejado del óptimo inicial). Puede apreciarse una proporción umbral en el intervalo (0,288, 0,289). Para los valores que hemos usado, la reducción del umbral respecto al modelo en que ambas especies optimizan su esfuerzo es de un 24,5%. Nuestro modelo muestra, por tanto, que el alto nivel cultural inicial de Sapiens influyó con mayor medida en el umbral de establecimiento, si sirvió para que optimizara su esfuerzo mientras que el nivel cultural de Neandertal no lo permitió. De no ser así, la influencia del nivel cultural inicial fue menos determinante que la tasa de aporte cultural por individuo.

## 5. CONCLUSIONES

Presentemos en este trabajo un estudio sobre la influencia de la cultura en la extinción de Neandertal en su competición con Sapiens. Para ello, se ha usado un modelo en el que se estudia la dinámica de la proporción de individuos de cada especie, así como de su nivel cultural, bajo distintas hipótesis.

En el caso en que el esfuerzo realizado en la contienda no suponga un coste marginal, hemos obtenido analíticamente un equilibrio inestable que nos in-

dica que, tras un tiempo transitorio en el que ambas especies compiten por los recursos, la extinción de una de ellas es inevitable. También se muestra que la especie sapiens debió superar un umbral de establecimiento en su migración a Europa. Este umbral no se ve apenas afectado al aumentar su nivel cultural inicial, lo que indica que, en este caso, los factores más relevantes pudieron ser, por un lado, su mayor aporte cultural por individuo a la especie y, por otro, la proporción con que irrumpieron en la competición.

En el caso, más realista, en el que se considera un coste marginal en la contienda, los resultados revelan que un factor determinante en la reducción del umbral de establecimiento, pudo ser la capacidad de Sapiens de aprender a optimizar su esfuerzo en la contienda para obtener el máximo pago. La mayor creatividad que desarrolló Sapiens en África (Zwir Nawrocki, J. S. I. *et al.* 2021), pudo fomentar la optimización de su esfuerzo y facilitar su establecimiento en Europa con una pequeña migración de individuos en comparación con el número de Neandertales con los que compitió.

## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Cuesta, J. (2009). "Las matemáticas de la evolución". La Gaceta de la RSME, 12, pp. 667-686.
- Antón, S. C. et al. (2014). "Human evolution. Evolution of early Homo: an integrated biological perspective". Science, (345,6192. doi:10.1126/science.1236828).
- Banks, W. E. et al. (2008). "Neanderthal extinction by competitive exclusion", PloS one, 3 (12), p. e3972.
- Brooks, A. S. et al. (2018) "Long-distance stone transport and pigment use in the earliest Middle Stone Age". Science, 360 (6384), pp. 90-94.
- Corchón, L. C. "Una visión panorámica de la teoría de las contiendas". Gob.es. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/393/CORCHON,%20L.pdf>
- Croft, D. P. et al. (2015). "The evolution of prolonged life after reproduction". Trends in ecology & evolution, 30 (7), pp. 407-16.
- Deino, A. L. et al. (2018). "Chronology of the Acheulean to Middle Stone Age transition in eastern Africa". Science, 360 (6384), pp. 95-98.
- Flores, J. C. (1998). "A mathematical model for Neanderthal extinction". Journal of theoretical biology, 191 (3), pp. 295-298.
- Ghirlanda, S. y Enquist, M. (2007). "Cumulative culture and explosive demographic transitions". Quality and Quantity, 41, pp. 591-600.
- Gilpin, W., Feldman, M. W. y Aoki, K. (2016). "An ecocultural model predicts Neanderthal extinction through competition with modern humans".



Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113 (8), pp. 2134–2139.

Keskin, K., Özgür, K. y Saglam, C. (2020). “An individual-based network model explains neanderthal extinction through competitive exclusion”. SSRN Electronic Journal, doi: 10.2139/ssrn.3631200.

Owen, R. B. et al. (2018). “Progressive aridification in East Africa over the last half million years and implications for human evolution”. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 115 (44), pp. 11174–11179.

Rito, T. et al. (2019). “A dispersal of Homo sapiens from southern to eastern Africa immediately preceded the out-of-Africa migration”. Scientific reports, 9 (1), p. 4728.

Tierney, J. E., DeMenocal, P. B. y Zander, P. D. (2017). “A climatic context for the out-of-Africa migration”. Geology, 45 (11), pp. 1023–1026.

Zwir Nawrocki, J. S. I. et al. (2021). “Evolution of genetic networks for human creativity”.



## Recuperación del polvo de lija en la fabricación de pinturas

/ PRIMER PREMIO

**AUTORES** | GIOVANNI MARÍN MUÑOZ, VÍCTOR GONZÁLEZ BOLUDA Y JESÚS VERDEJO RUBIO

**COORDINADORA** | ROSA MARÍA ALÓS PELLICER

**CENTRO** | IES JUAN DE GARAY

**CIUDAD** | VALENCIA

### RESUMEN |

La contaminación ambiental resulta cada día más preocupante y hay que contribuir a reducirla, lo que se intenta conseguir con este trabajo. Además, muchos de sus ensayos se pueden realizar con los materiales y prestaciones del instituto, permitiendo trabajar en el laboratorio.

Se considera como hipótesis que el polvo de lija que se genera durante el proceso de lacado de los muebles se puede recuperar, utilizándolo como uno de los componentes de nuevas pinturas, reduciendo así el residuo que debe ser gestionado y que se produce en grandes cantidades en la industria del mueble. Se sabe que una empresa de 150 trabajadores, acumula 10 bidones de 200 kg de polvo de lija cada semana. Preocupa considerar la cantidad que puede generar el sector durante un año.

El polvo de lija debe tratarse como residuo tóxico por ser un polímero muy finamente dividido, pero una vez incorporado a la nueva pintura queda atrapado en ella, de modo que deja de ser peligroso y no aumenta en ningún caso la toxicidad de la misma. La investigación consistirá en estudiar qué cantidad de este residuo se puede incorporar en su fabricación, sin que mermen sus propiedades, para convertirlo en un recurso. Se utilizará una laca nitrocelulósica blanca y ensayos basados en normas AENOR.

La conclusión es que la adición del polvo de lija apenas altera las propiedades de la pintura original, mejorándolas en algunos casos, lo que hace factible la recuperación del polvo de lija.



### ABSTRACT |

Environmental pollution is becoming more worrying every day and it is necessary to contribute to reducing it, which we are trying to achieve with this work. In addition, many of its tests can be carried out with the materials and services of the institute, allowing work in the laboratory.

It is considered as a hypothesis that the sanding powder dust that is generated during the furniture lacquering process can be recovered, using it as one of the components of new paints, thus reducing the waste that must be managed and that is produced in large quantities in the furniture industry. It is known that a company of 150 workers accumulates 10 drums of 200 kg of sanding powder every week. It is worrying to consider the amount that the sector can generate during a year.

Sanding dust must be treated as toxic waste because it is a very finely divided polymer, but once incorporated into the new paint it is trapped in it, so that it is no longer dangerous and does not increase its toxicity in any case. The research will consist of studying how much of this residue can be incorporated in its manufacture, without reducing its properties, to turn it into a resource. A white nitrocellulose lacquer and tests based on AENOR standards will be used.

The conclusion is that the addition of the sanding powder hardly alters the properties of the original paint, improving them in some cases, which makes it possible to recover the sanding powder



## 1. INTRODUCCIÓN-MOTIVACIÓN

Se selecciona este trabajo por la preocupación que deriva del problema de la contaminación ambiental y la posibilidad de contribuir a reducirla. El objetivo es dar una salida a un residuo muy habitual en la industria del mueble como es el polvo de lija para reutilizarlo y convertirlo en un recurso. El polvo de lija es un residuo tóxico por el mero hecho de ser un polímero muy finamente dividido, pero una vez incorporado a la nueva pintura queda atrapado en ella, de modo que deja de ser peligroso y no aumenta en ningún caso la toxicidad de la misma.

Un polvo está formado por partículas con un diámetro inferior a 100 micras, que puede permanecer en suspensión durante algún tiempo y dar lugar a enfermedades pulmonares clásicas y también cáncer, asma y alergias. El polvo de lija, que contiene restos barnices y de papel de lija, se produce en las fábricas de muebles durante el proceso de lacado de los mismos (una empresa española de 150 trabajadores, acumula 80 toneladas al año). En él se aplica una primera mano de pintura llamada fondo que sella los poros de la madera; después se lija para favorecer así la adherencia de una segunda capa que es el acabado.

Aunque los gestores de residuos peligrosos lo inerticen de modo que deje de ser activo químicamente, al final acaba en un vertedero de basura general; lo que supone acumular desechos y perder recursos, pero si se utiliza como uno de los componentes de nuevas pinturas, se reduciría el impacto ambiental que éste genera. Al reciclar residuos se aprovechan al máximo los recursos materiales disponibles, alargando el ciclo de vida de los productos. Lo que implica depender menos de las materias primas, mejorar la economía y el negocio local y, en general, conseguir una economía circular.

## 2. ANTECEDENTES

No se tiene constancia de ningún trabajo realizado sobre este tema. Se describen los ensayos que se van a realizar en la página <https://es.slideshare.net/xgrogx/control-de-calidad-deps-05-red> donde hace referencia a los procedimientos de pruebas recomendados por AIDIMA, (Instituto Tecnológico del Mueble, Madera, Embalaje y Afines), basados en normas AENOR, aunque adaptados a nuestros medios.

## 3 HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

El objetivo es poder reciclar un desecho contaminante y reducir su impacto medioambiental, en este caso el polvo de lija, residuo que se produce en la industria del mueble.

La hipótesis de partida es que el polvo de lija puede sustituir parte de los componentes que integran una pintura y evitar así tener que gestionarlo como residuo, al tiempo que se ahorra materia prima. La investigación consistirá en



estudiar si es viable, desde el punto de vista técnico, añadir este residuo en una pintura y determinar qué cantidad de este se puede incorporar para que la pintura obtenida tenga unas propiedades adecuadas para su aplicación final.

## 4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Se ha elegido una laca nitrocelulósica blanca por tratarse de un producto monocomponente y de secado al aire que no necesita ningún tipo de activación, lo que facilitará su manipulación. Esta laca contiene las siguientes sustancias: 1) resina (ligante); 2) solución nitrocelulósica (algodón de nitrocelulosa y disolventes); 3) pigmentos y/o cargas minerales (carbonato de calcio, talco, caolín, etc.); 4) disolventes (mezcla de alcoholes, acetatos, cetonas, etc); 5) aditivos (nivelantes, desaireantes, etc).

Este tipo de producto presenta las siguientes características:

| VENTAJAS                                 | INCONVENIENTES                    | UTILIDAD                                    |
|--|-----------------------------------|---|
| Actúa por evaporación de los disolventes | Tiende a amarillear con el tiempo | Como producto sellante de la madera (fondo) |
| Buen tacto y fácil aplicación            | Presenta poca resistencia química | Como pintura para uso decorativo (acabado)  |

Se decide preparar 300 g de cada muestra, con una concentración de polvo de lija que oscila del 2% hasta el 10% en masa. El polvo de lija se incorpora poco a poco con la ayuda de una batidora de cocina de 450 vatios de potencia. Los disolventes utilizados en la limpieza del material son acetona y acetato de etilo.

Hay una serie de parámetros del producto líquido que determinan la forma de aplicación más adecuada para una pintura. Se comparan los parámetros de las mezclas con el patrón (la laca nitrocelulósica) para saber cómo se desvían al añadir el polvo de lija. También se estudia el comportamiento de la pintura aplicada sobre tablillas de madera, mediante unas pruebas que simulan las agresiones habituales que sufre la superficie de un mueble.

Las cantidades mezcladas se muestran en la tabla siguiente:



Tabla 02.

Masas utilizadas de patrón y polvo de lija para cada una de las muestras.

| MUESTRA    | MUESTRA    | MASA PATRÓN (G) | MASA DE POLVO DE LIJA (G) |
|------------|------------|-----------------|---------------------------|
| 1 (patrón) | 1 (patrón) | 300,0           | 0,0                       |
| 2          | 2          | 294,0           | 6,0                       |
| 3          | 3          | 288,0           | 12,0                      |
| 4          | 4          | 282,0           | 18,0                      |
| 5          | 5          | 276,0           | 24,0                      |
| 6          | 6          | 270,0           | 30,0                      |

#### 4.1 DENSIDAD

Este dato sirve al fabricante como prueba de control. Se determina la masa de 100 mL de pintura y se calcula la densidad con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

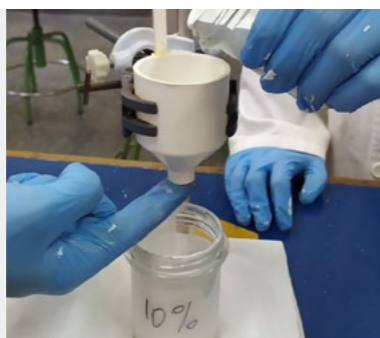
#### 4.2 VISCOSIDAD

La viscosidad es la resistencia de un líquido a fluir y su valor ayuda a elegir el tipo de aplicación empleado (pistola, brocha, rodillo, etc). Se mide la viscosidad cinemática, que es el tiempo que tarda en deslizarse un fluido debido a la fuerza de la gravedad en centistokes (cSt mm<sup>2</sup>/s). Se utiliza una copa Ford N° 4 de plástico (orificio de salida de 4 mm y volumen de 100 mL). Se registra el tiempo que tarda en cortarse el flujo de pintura y se calcula la viscosidad cinemática con las siguientes fórmulas:

Tiempo entre 20 y 100 s    Tiempo entre 100 y 150 s

Figura 01.

Viscosidad.



#### 4.3 DESCUELQUE

La resistencia de una película de pintura húmeda para soportar la acción de la gravedad indicará el espesor máximo de la pintura aplicada. Se deja caer una pequeña cantidad de pintura sobre la tabla de madera y se extiende mediante un aplicador de acero inoxidable graduado desde 0 hasta 275 micras (µm). Después se levanta la tabla rápidamente, anotando el valor de espesor a partir del cual la pintura no fluye hacia abajo.

#### 4.4 FINURA

Se entiende como “finura” el tamaño de las partículas más grandes contenidas en una pintura, que provienen de las cargas minerales, los pigmentos y, en este caso también del polvo de lija. Se mide en micras (µm) con un grindómetro, sobre el que se extiende una pequeña cantidad de pintura en la zona de 100 micras, que se arrastra con una placa metálica hasta la zona de 0 micras. Las pinturas húmedas tienen un aspecto brillante que pasa a mate cuando se manifiestan las partículas grandes y esa zona indicará la finura del material.

#### 4.5 SECADO AL POLVO Y AL TACTO

Se mide el tiempo necesario para que la pintura esté seca al polvo (que no se adhieran partículas) y posteriormente al tacto (manipular sin causar daños). Se estudia en las tres muestras más representativas: patrón, 6% y 10%.

Se pinta un soporte con la muestra del 10% porque es para la que se espera el menor tiempo y cuando se observa que ha perdido la humedad (brillo, 5 min), se añade tiza de colores molturada. Se levanta el soporte cada minuto y se repite la adición de tiza hasta que se observa que cae toda (10 min) y no mancha la pintura. Para el resto de pruebas se parte de este tiempo. A partir del valor obtenido se toca la pintura a intervalos de 1 min hasta que se observa que no deja huella para conocer así el secado al tacto.

#### 4.6 CONTENIDO EN SÓLIDOS

El contenido no volátil de la pintura influye en su poder cubriente, y sirve para poder aconsejar el gramaje de aplicación, el número de pasadas a realizar, etc. Se mide la masa de una placa de Petri vacía ( $m_0$ ), la masa de la placa con la pintura ( $m_1$ ) y, después del calentamiento en el interior de una estufa, se mide de nuevo la masa ( $m_2$ ). Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido en sólidos (\%)} = \frac{\text{masa final de pintura}}{\text{masa inicial de pintura}} \cdot 100 = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \cdot 100$$



#### 4.7 PODER CUBRIENTE

Se extiende una pequeña cantidad de pintura sobre una cartulina de contraste, con el lateral de 100 micras del extendedor. Cuanto más se consiga tapar la zona negra, mayor poder cubriente tendrá la pintura.

Para realizar las pruebas de pintura aplicada, se pinta con un pincel una tablilla por cada ensayo y muestra. Se dejan secar durante una semana, siendo la temperatura media del laboratorio de 18 °C. Se valoran las agresiones producidas en una escala del 1 al 5 como aparecen en la siguiente tabla:

| OBSERVACIONES   | VALOR |
|---|-------|
| Los soportes permanecen perfectos sin ninguna zona alterada     | 5     |
| Se observan pequeñas alteraciones imperceptibles a simple vista | 4     |
| Existen alteraciones moderadas que se perciben a simple vista   | 3     |
| Los desperfectos observados son significativos                  | 2     |
| Se observan graves desperfectos en la pintura                   | 1     |

#### 4.8 ADHERENCIA

Se determina la adherencia de la pintura a la superficie mediante un corte enrejado, para saber si la pintura se despegará con el tiempo. Se realizan cortes paralelos formando una reja, con un cúter y una regla.

#### 4.9 IMPACTO

Se valora la resistencia del acabado al daño mecánico causado por un impacto. Se coloca la tablilla en el suelo y se deja caer una esfera de acero de 62,7 g de masa desde una altura de 2 metros, guiada por un tubo hueco de cartón.

#### 4.10 COLD-CHECK

Se pretende determinar la resistencia al deterioro que ocasionan los cambios de temperatura. Las tablillas se someten a 20 ciclos de frío y calor. Un ciclo consta de 1h en la estufa a 50 °C, 1h en el refrigerador a -20 °C y 15 min a la temperatura ambiente. Para completar el ensayo se hace también la prueba de adherencia tras los 20 ciclos.

#### 4.11 CALOR SECO Y HÚMEDO

Se valora la resistencia de la superficie pintada frente al contacto con objetos o



líquidos calientes (calor seco y húmedo, respectivamente). Se utiliza un cilindro de aluminio de 50,20 g de masa, calentado a 85 °C y a 100 °C en un baño María, primero para el calor seco y después para el calor húmedo. El cilindro se deja en contacto durante 30 minutos en la prueba del calor seco. Para el calor húmedo se coloca una gasa mojada entre la superficie pintada y el cilindro.

#### 4.12 RESISTENCIA A LA INTEMPERIE Y SOLIDEZ A LA LUZ

Se pretende valorar la degradación de la pintura aplicada por su exposición a la intemperie y a la luz. Se tapa la mitad de cada tablilla con papel de aluminio y se expone a la luz del sol y a los fenómenos atmosféricos en un jardín privado.

#### 4.13 ASPECTO

Se coloca la tablilla en la lupa binocular y se valora a partir de qué cantidad de polvo añadida se pueden observar granos en la pintura.

#### 4.14 RAYADO A LÁPIZ

Para determinar las alteraciones de la pintura cuando se escribe sobre ella, se utilizan seis lápices de distinta dureza: B, HB, H, 2H, 3H y 4H (el más duro). Después se borra para observar si han dejado marca. El lápiz anterior al que dañe a simple vista la pintura se toma como medida de resistencia al rasguño.

#### 4.15 MANCHADO QUÍMICO

El objetivo es determinar la resistencia de la pintura ante la agresión de productos de uso cotidiano (vino, café, vinagre, tomate frito, acetona, Betadine, agua jabonosa, lejía, tinta negra, coca cola, sulfumán y pintalabios). Se colocan 10 gotas de cada producto y se cubre con un vidrio de reloj durante una hora. Se limpia con una gasa humedecida en agua y se valora si el producto químico ha dejado marca (SI) o no (NO).

#### 4.16 QUEMADURA POR CIGARRILLO

El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia ante la quemadura de un cigarrillo de una superficie pintada. Se considera el tiempo mínimo de reacción de cinco segundos, por ello se realizan pruebas a los 5 s, 10 s y 15 s. Se valora si el cigarrillo ha quemado (SI) o no (NO).

### 5. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Aunque algunos resultados no se ajustan a los valores esperados, se incluyen también para completar este trabajo, ya que los resultados negativos aportan una información muy válida para posteriores investigaciones.





Tabla 04.

Resultados de las pruebas para la pintura líquida.

| MEZCLA                   | PATRÓN   | 2%    | 4%    | 6%     | 8%     | 10%    |
|--------------------------|--|-------|-------|--------|--------|--------|
| ENSAYO                   |  |       |       |        |        |        |
| Densidad                 | 1,218  | 1,240 | 1,255 | 1,259  | 1,267  | 1,275  |
| Viscosidad (s)           | 61,00  | 78,41 | 95,06 | 110,41 | 124,29 | 156,43 |
| Viscosidad (cSt)         | 218  | 286   | 349   | 500    | 564    | 712    |
| Descuelgue (µm)          | 150  | 175   | 200   | 225    | 250    | 275    |
| Finura (µm)              | 20   | 22,25 | 25    | 25,25  | 30     | 35     |
| Sec. polvo (min)         | 15   |       |       | 16     |        | 10     |
| Sec. tacto (min)         | 24   |       |       | 20     |        | 18     |
| Contenido en sólidos (%) | 54,94  | 57,35 | 58,61 | 59,30  | 61,12  | 61,94  |
| Poder cubriente          | Observación subjetiva. El mayor poder cubriente es para el patrón y el menor para la mezcla con 10% de polvo de lija |       |       |        |        |        |



Tabla 05.

Resultados de las pruebas para la pintura aplicada.

| MEZCLA                 | PATRÓN  | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |   |
|------------------------|---|----|----|----|----|-----|---|
| ENSAYO                 |   |    |    |    |    |     |   |
| Adherencia             | 4   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   |   |
| Impacto                | 4   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   |   |
| Cold-Check             | 3   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   |   |
| Calor                  | Seco 85°C   | 1  | 2  | 2  | 3  | 3   | 4 |
|                        | Seco 100°C  | 1  | 2  | 3  | 2* | 3   | 4 |
|                        | Húmedo 85°C   | 1  | 1  | 2  | 3  | 4   | 4 |
|                        | Húmedo 100°C  | 1  | 1  | 2  | 2  | 3   | 4 |
| Resistencia intemperie | 4   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   |   |
| Solidez a la luz       | 5   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   |   |
| Aspecto                |   |    |    |    |    |     |   |
| Rayado a lápiz         | B   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5 |
|                        | HB  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5 |
|                        | H   | 4  | 2  | 2  | 4  | 2   | 3 |
|                        | 2H  | 2  | 2  | 2  | 4  | 5   | 2 |
|                        | 3H  | 2  | 3  | 3  | 3  | 2   | 3 |
|                        | 4H  | 2  | 4  | 3  | 3  | 2   | 3 |
| Manchado químico       | El vino, el tomate frito, la lejía y el sulfamán manchan todas las tablillas; el resto no mancha ninguna.   |    |    |    |    |     |   |
| Quemadura cigarrillo   | El cigarrillo deja marca de quemadura en todas las tablillas para los tiempos estudiados: 5 s, 10 s y 15 s. |    |    |    |    |     |   |



## 6. CONCLUSIONES

Se analizó la incorporación de polvo de lija en una pintura nitrocelulósica, estudiándose el diferente comportamiento de las muestras frente a un patrón (pintura libre de polvo de lija). En el caso de los parámetros del producto líquido, casi todos ellos aumentan su valor al hacerlo la cantidad de polvo añadido, incluido el secado, ya que un menor tiempo de secado conlleva una mayor velocidad de evaporación del disolvente, es decir, mayor velocidad de secado. Al aumentar el descuelgue también lo hace el grosor de la película que se puede aplicar.

El único parámetro que empeora al añadir el polvo de lija es el poder cubriente porque disminuye el porcentaje de dióxido de titanio, (TiO<sub>2</sub>), que es el pigmento que le proporciona opacidad. La disminución de la finura no es importante porque la pintura se lijará al utilizarla como fondo.

Para las pruebas de la pintura aplicada sobre tablillas de madera, se observa que las mezclas tienen el mismo comportamiento que el patrón. Esto significa que las propiedades se mantienen al añadir el polvo de lija.

La adherencia de la pintura es buena y tampoco se observa un deterioro significativo por impacto; tras 20 ciclos de Cold-Check las tablillas permanecen inalteradas, no presentándose ningún problema de cuarteo ni de pérdida de adherencia. Lo mismo sucede con el manchado químico y la quemadura por cigarrillo. Las sustancias más corrosivas sí que dejan marca, pero lo hacen por igual en todas las tablillas. También la marca de quemadura es comparable en todas las muestras.

En el ensayo de resistencia a la intemperie y la solidez a la luz no se observa ninguna alteración significativa en ninguna tablilla. Únicamente hay diferencias en el aspecto, ya que a simple vista se observa una progresiva pérdida de brillo conforme se añade más polvo de lija. También se aprecia mayor cantidad de grano al utilizar la lupa binocular. Sin embargo, esto no supone un problema ya que se utilizará la laca nitrocelulósica como fondo para sellar la madera.

La incorporación del polvo de lija mejora notablemente la resistencia al calor respecto al comportamiento del patrón.

En la prueba del rayado a lápiz hay una clara irregularidad que se puede explicar porque, al realizarse de modo manual y no con el aparato recomendado, por no disponer del mismo, no se ejerce la misma presión en todos los casos, lo que lleva a que se desestime este ensayo a causa de su poca fiabilidad.

La conclusión final es que la adición del polvo de lija a laca nitrocelulósica apenas altera las propiedades de la pintura original, mejorándolas en algunos casos (descuelgue, calor seco y húmedo, secado al polvo y al tacto), lo que hace factible la recuperación de este residuo.



El porcentaje máximo estudiado en este trabajo ha sido un 10% en masa de polvo de lija. La cantidad idónea debe estudiarse para cada fabricante de muebles porque su medio de aplicar la pintura condiciona el valor óptimo de viscosidad, que como se ha visto aumenta al añadir el residuo. Aunque a partir de los resultados obtenidos, se sugiere la posibilidad de ampliar este porcentaje, para ver cuál sería la cantidad máxima que se puede incorporar sin disminuir la calidad de la pintura.

Este trabajo también se podría extender a otros tipos de pinturas (poliuretanos, ultravioleta, pinturas al agua, etc), consiguiendo así recuperar una gran parte del polvo de lija producido por el sector del mueble.

Queda demostrada así la hipótesis de partida, según la cual se puede fabricar una pintura añadiéndole polvo de lija y reduciendo, con ello, el impacto ambiental de este residuo y convirtiéndolo en un recurso. La recuperación del polvo de lija es, por tanto, perfectamente factible desde el punto de vista científico.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Para finalizar este trabajo, nos gustaría mostrar nuestro agradecimiento a nuestro centro, IES Juan de Garay, de Valencia, por todo el apoyo prestado. Y también a los organizadores de este evento, que nos han permitido presentarlo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Parker, D. H. (1978). "Tecnología de los recubrimientos de superficies". Enciclopedia de la Química Industrial, España, Ediciones URMO.

Pintomicasa.com. Propiedades específicas de las pinturas.  
<https://www.pintomicasa.com/2013/03/propiedades-especificas-de-las-pinturas.html>

AIDIMA. (2015). Control de calidad en los acabados para el mueble.  
<https://es.slideshare.net/xgrogx/control-de-calidad-deps-05-red>

Imaz-Color. El Almacén del Pintor S.L. Información sobre la viscosidad.  
<http://imazcolor.com/viscosidad-de-la-pintura/>

General Paint España. Métodos de aplicación de una pintura.  
<https://general-paint.com.mx/blog-general-paint/2017/11/12/5-diferentes-metodos-aplicacion-pintura-industrial/>

Quantotec, S.L. Fórmulas de la viscosidad.  
<https://www.quantotec.com/PDFS/UNIDADES%20DE%20VISCOSIDAD.pdf>

Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir. Información sobre fabricantes de pinturas. <https://www.asefapi.es/sector.php>

Reciclajes Manchegos S.L. Asesoramiento integral de residuos.  
<https://reciclajesmanchegos.e>



## ¡Brillante! Cristales a la carta

/ SEGUNDO PREMIO

**AUTOR** | ÁNGEL RODRÍGUEZ JIMÉNEZ

**COORDINADORA** | JOSEFA RUBIO CASCALES

**CENTRO** | IES ALCÁNTARA

**CIUDAD** | ALCANTARILLA-MURCIA

### RESUMEN |

Los cristales han llamado la atención de las personas por sus formas geométricas y colores. El desarrollo de la Química provocó que el conocimiento de la estructura interna de los minerales desarrollara técnicas artificiales para formar cristales siendo capaces de transformar un sólido amorfo en un bonito cristal. Este trabajo pretende observar e identificar varias variables que afectan a la cristalización en una sal denominada fosfato monoamónico.

En el diseño experimental se procede a la preparación de variadas disoluciones para el control de variables como: adición de más de cuarenta dopantes, pH y condiciones de sobresaturación. Para la formación de cristales se han empleado dos métodos: por enfriamiento lento y por evaporación del disolvente. También se cuantifica el crecimiento de semillas por evaporación del disolvente. Finalmente, se ha llevado a cabo una investigación para saber lo que piensa la población sobre los conceptos de cristal y vidrio.

Los resultados muestran que los dopantes afectan al color del cristal y a su hábito cristalino. Además, también se ve que un pH ácido reduce el número de cristales formados. En cuanto al crecimiento, se encuentra una relación entre la masa del cristal y tiempo transcurrido, siendo la concentración de la disolución constante. Mediante el control de estas variables podemos diseñar cristales.

Por último, los conceptos de cristal y vidrio son distintos científicamente, pero no a nivel cotidiano. El análisis de las 372 encuestas realizadas muestra que la mayoría de la población identifica las definiciones dadas por la RAE y no las científicas.

**Palabras clave:** Cristalización, Fosfato monoamónico, dopantes



### ABSTRACT |

Crystals are striking due to their geometrical shape and colours. The development of Chemistry meant the creation of artificial techniques that are useful to form crystals. Therefore, knowing the internal structure of minerals, we can transform an amorphous solid into a beautiful crystal. This work has been made with the purpose of observing and identifying several variables that affect in the crystallization that takes place in a salt that is often called monoammonium phosphate.

In the experimental design, several dissolutions are prepared to control some variables such as: the addition of more than forty dopants, pH and supersaturation conditions. Two methods have been used to get the formation of crystals: getting cold slowly and evaporating the solvent. Furthermore, it is also quantified the seeds growth by the solvent evaporation. Finally, an investigation is carried out to know what citizens think about the concept of crystal and glass.

The results show that dopants affect in the crystal colour and in its crystalline habit. Moreover, it is also shown that an acid pH reduces the number of crystals formed. The growth quantification has brought a relationship that is exponential between the mass of the crystal and elapsed time. The concentration of the solution is constant during the evaporation process. By controlling these variables, we can design crystals.

Lastly, it can be stated that the concepts of crystal and glass are really different scientifically, but not in everyday language. The analysis of the 372 surveys that were carried out demonstrate that most people identify the definitions provided by RAE and so they do not know the scientific ones.

**Keywords:** Crystallization, monoammonium phosphate, dopant



## 1. INTRODUCCIÓN

El interés del ser humano por los cristales es algo que nos ha ido persiguiendo a lo largo de la historia. Esta curiosidad nos llega desde la prehistoria, época en la que estábamos acostumbrados a ver pocas figuras geométricas perfectas, un mundo donde predominaba la curva y las ramificaciones en el que los cristales se hacían destacar. Nuestros antepasados quedaron fascinados con sus líneas rectas, sus geometrías, sus simetrías y sus colores, encontrando orden en un mundo caótico.

Aunque los cristales nos hayan impresionado a lo largo de la historia y numerosos filósofos y científicos trataron de descubrir su naturaleza, no fue hasta los siglos XVII y XVIII cuando se divulgaron las primeras ideas verdaderamente científicas sobre la naturaleza de los mismos. En 1914 Max Von Laue confirmó que los cristales tenían una estructura molecular ordenada en celdas gracias a la difracción de rayos X. Actualmente, más del 80 % de las sustancias usadas en productos farmacéuticos, químicos, agroquímicos, alimenticios y cosméticos son aislados o formulados en su forma sólida. La cristalización generalmente es el último paso de purificación química.

## 2. ANTECEDENTES

Existe una amplia literatura sobre cristalografía de minerales y muy poca sobre los procesos de cristalización artificiales. Los estudios de investigación se centran en compuestos muy concretos, sobre todo, a nivel industrial, en compuestos que interesan por sus propiedades ópticas o mecánicas.

Centrándonos en la investigación de la cristalización del ADP (en lo que se basa la parte experimental del proyecto), no hemos encontrado investigaciones de gran calibre, siendo la mayoría de trabajos en el ámbito educativo: Educación Secundaria y Bachillerato.

Tradicionalmente, la cristalización desarrollada en la Escuela se ha centrado en la formación de cristales de cloruro de sodio (sal común), sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), alumbres y azúcar. En el año 2009 surge una iniciativa de divulgación de la cristalografía por parte de Juan Manuel García Ruiz, profesor de investigación del CSIC del Laboratorio de Estudios Cristalográficos de Granada. La bibliografía existente sobre la cristalización de este compuesto es mayoritariamente la publicada por profesorado de centros educativos. Los estudios referidos a la influencia de dopantes en este tipo de cristales son puntuales y no hay conclusiones evidenciadas. Por ese motivo, en este trabajo de investigación se pretende analizar y estudiar la influencia de dopantes de una forma globalizada.



## 3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El desafío al que vamos a afrontar en el desarrollo de este proyecto es la obtención de cristales de ADP modificados artificialmente mediante la adición de dopantes con algunos metales de transición y colorantes. Planteándonos el proyecto nos surgían diversas dudas: ¿variaría la impureza notablemente el color del cristal? ¿Modificaría la conformación estructural del cristal matriz? ¿Qué relación existe entre nuestras condiciones de laboratorio y las de la Naturaleza? ¿se puede manipular el crecimiento de un cristal?

Nuestra hipótesis de trabajo es: “La introducción de impurezas en monocristales obtenidos por métodos de crecimiento cristalino en disolución (evaporación del disolvente y descenso de la temperatura de la disolución) confieren a los cristales propiedades exclusivas, diferentes al cristal puro”.

Por otro lado, al adquirir unos conocimientos básicos en este ámbito, el autor, se da cuenta de que la idea previa que tenía sobre lo que era un cristal no era correcta. Observa que, en el ámbito cotidiano, se hace un mal uso del término “cristal” y, por ello se decide realizar una encuesta para comprobar si la población sabe diferenciar cristal y vidrio.

Del objetivo principal, que es observar e identificar algunas de las variables que afectan a la cristalización y saber cómo lo hacen en una sal denominada fosfato monoamónico, derivan los siguientes objetivos específicos:

- a. Estudiar y analizar la influencia de diversos dopantes en el color y estructura cristalina respecto al cristal puro de ADP.
- b. Estudiar y analizar la influencia de otros factores como el pH.
- c. Estudiar y analizar el crecimiento de los cristales.
- d. Comprobar si la población diferencia cristal y vidrio.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Se denomina con las siglas ADP al compuesto cuyo nombre químico es dihidrogenofosfato de amonio. A nivel comercial se llama fosfato monoamónico (MAP). Es una fuente de fósforo y de nitrógeno ampliamente utilizada. Se obtiene con dos componentes de la industria de fertilizantes y posee el más alto contenido de fósforo entre los fertilizantes sólidos comunes.

El ADP de partida ha sido comprado en una tienda de venta de productos agrícolas en un saco de 25 kg. Es un fertilizante agrícola con denominación MAP 12-61-0 (12% de N total y 61% de fósforo total como  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). El desafío al que nos vamos a afrontar en el desarrollo de este proyecto es la obtención de cristales de ADP dopados con metales de transición con número de oxidación +1, +2 y +3 y compuestos orgánicos, la mayoría, colorantes utilizados en la industria



alimentaria. Para la preparación de las disoluciones se utiliza agua destilada inicialmente, pero tras comprobar, que no influye en el proceso de cristalización, más tarde, utilizamos agua del grifo. Nuestro punto de partida se sitúa teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Curva de solubilidad del ADP, obtenida a partir de los datos publicados en wikipedia.
- Antecedentes del trabajo realizado por Centros educativos, incluyendo, la experiencia de la tutora de este trabajo y los pocos trabajos de investigación encontrados.
- Material utilizado para depositar la disolución en caliente (vasos de plástico en los que la temperatura de la disolución no sobrepasará los 80°C). El vaso de plástico permite que se extraigan los cristales fácilmente. Los vasos utilizados tienen una capacidad de 1 litro por lo que se prepararán disoluciones con 500 ml de agua y el soluto necesario.

Para la obtención de los cristales de ADP empleamos métodos en disolución, todos dependientes de la sobresaturación de la disolución. Utilizamos tres técnicas: formación de cristales por enfriamiento lento de la disolución, formación de cristales por evaporación del disolvente y crecimiento de semillas por evaporación del disolvente.

#### PROTOCOLO SEGUIDO EN LA FORMACIÓN DE CRISTALES POR ENFRIAMIENTO LENTO DE LA DISOLUCIÓN

Teniendo en cuenta el diagrama de Miers, la zona metaestable del ADP se encuentra entre 197,37 g y 663,03 g de ADP para 500 ml de agua. Para sobresaturar nuestras disoluciones lo que hicimos fue emplear 325 gramos de ADP (soluto) y 500 ml de agua del grifo (disolvente) para que la disolución estuviera saturada a 80-85°C y luego bajarla lentamente aislando las muestras con poliestireno expandido. Utilizamos los kits de la empresa Triana ( Figura 1).

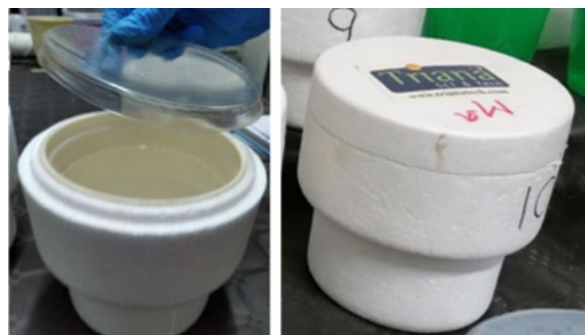


Figura 01.

Kit Triana que muestra vaso de plástico en interior de vaso de porexpan- Fuente propia.



Para la obtención de cristales dopados por métodos de crecimiento en disolución, partimos con la puesta en disolución del  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$  sobre la que se disuelve la sal que contiene la impureza que queremos incorporar al cristal (generalmente 0,5 g de la sal dopante).

Una vez disueltos el ADP y haber conseguido la disolución de las impurezas se deposita la mezcla sobre el vaso de plástico y se tapa. A su vez, se introduce en otro vaso de poliestireno expandido para dejarlo aislado del exterior y para ralentizar la variación de temperatura y evitar la contaminación de la disolución. Se coloca el conjunto en un lugar exento de vibraciones para evitar la masiva formación de núcleos cristalinos a temperatura ambiente y en oscuridad. El lugar en el que se han llevado a cabo todos los experimentos ha permanecido a una temperatura de  $30^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  durante los meses de julio, agosto y septiembre. Los cristales crecen por sobresaturación de la disolución debido al enfriamiento lento de la misma. Se deja en reposo durante 4 días.

#### PROTOCOLO SEGUIDO EN LA FORMACIÓN DE CRISTALES POR EVAPORACIÓN DEL DISOLVENTE

Se ha procedido a estudiar la formación de nuevos cristales, por evaporación del disolvente (sobre todo de aguas madres), tras la retirada de los primeros cristales formados por enfriamiento. El recipiente está abierto y se produce la evaporación de forma natural.

#### PROTOCOLO SEGUIDO EN EL CRECIMIENTO DE CRISTALES POR EVAPORACIÓN DEL DISOLVENTE

Por último, utilizamos el método Holden que consiste en preparar una solución sobresaturada a temperatura un poco por encima de la ambiental y colocar un germen en el seno de la misma. Tras varias pruebas, comprobamos que el mejor crecimiento de cristales se da mediante el siguiente procedimiento:

- Utilizar la disolución madre siendo esta, la obtenida tras la retirada de los primeros cristales obtenidos por enfriamiento de la misma.
- Introducir el germen o semilla en la disolución a temperatura ambiental.
- Dejar abierto el recipiente para que se produzca la evaporación del disolvente y, por lo tanto, la sobresaturación de la disolución.

#### PROTOCOLO SEGUIDO PARA ANALIZAR DIFERENCIAS ENTRE CRISTAL Y VIDRIO EN LA POBLACIÓN

Para estudiar, a nivel social, la percepción que tiene las personas en cuanto a la definición de vidrio y cristal se prepara una encuesta en la que, además de recoger datos relativos a edad, sexo, nivel de estudios y modalidad de estudios realizados, se da una relación de objetos cotidianos para que seleccionen los que crean que están formados o son cristales o vidrios como son: gafas, vaso, ventana, espejo, cuarzo, cubitos de hielo, diamante, botella transparente, bote-



Ila verde y sal, en una pregunta 1. En otra cuestión (pregunta 2), se especifican otra serie de objetos, en los que no es tan visible la presencia de vidrio o cristal como: lápiz labial, pintura, copa, placa solar, piruleta de caramelo, huesos del cuerpo, lentes de contacto, helado, copo de nieve, una piedra y una joya. Por último, se pregunta directamente si sabría explicar la diferencia entre cristal y vidrio para constatar cuál es la opinión que se tiene de ambos conceptos.

### CATEGORIZACIÓN DEL HÁBITO CRISTALINO DEL CRISTAL FORMADO

Tabla 01.

Categorización propia del hábito cristalino del ADP en sistema tetraédrico. Fuente propia.



El ADP cristaliza en el sistema cristalino tetragonal, pero presenta variaciones con los dopantes introducidos. Por ese motivo, para la clasificación de los cristales obtenidos, el hábito cristalino ha sido categorizado mediante los números 1, 2 y 3 tal y como se muestra en la tabla 1.

## 5. RESULTADOS

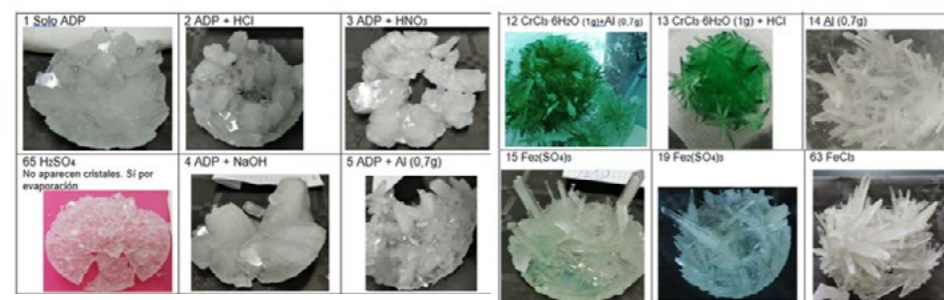
Tabla 02.

Ejemplo de tabla de recogida de datos de algunos ensayos realizados (78 ensayos realizados).

| Ensayo | Dopante          | Nº oxidación del dopante | Masa final (g) | PH   | Hábito cristalino | % precipitado |
|--------|------------------|--------------------------|----------------|------|-------------------|---------------|
| 1      | Ninguno          | medio ácido              | 115,95         | 4,41 | 1                 | 35,68         |
| 2      | 19 ml HCl conc.  | medio ácido              | 115,07         | 3,45 | 1                 | 35,41         |
| 3      | 22 ml HNO3 conc. | medio básico             | 103,33         | 3,3  | 1                 | 31,79         |
| 4      | 3 g NaOH         |                          | 109,42         | 4,84 | 2                 | 33,67         |

Figura 02.

Fotografías de algunos de los cristales obtenidos.



### 5.1. INFLUENCIA DEL PH DE LA DISOLUCIÓN EN LA CRISTALIZACIÓN

a. pH y cantidad de precipitado.

La cantidad de precipitado es, en todos los casos, de 30%-40% del total del soluto presente, a excepción del ácido sulfúrico.

Al adicionar HCl sobre una disolución de ADP que contiene un dopante, disminuye la cantidad de precipitado formado. Si comparamos los resultados obtenidos con HCl y HNO3 se observan diferencias. Con la adición de ácido nítrico, el porcentaje de precipitado formado disminuye respecto a la adición de ácido clorhídrico. Esto lleva a pensar que no solo influye el valor del pH sino el anión del ácido.

b. pH y hábito cristalino

Se observan diferencias. A pH inferior al que tiene la disolución de ADP, el hábito cristalino es de tipo 1 mientras que, a pH superior, es de tipo 2.

### 5.2. INFLUENCIA DEL IÓN METÁLICO PRESENTE EN EL DOPANTE

a. Influencia de la carga del ión metálico sobre el hábito cristalino del cristal formado.

Las sales con iones metálicos +3 dan cristales con hábito cristalino del tipo 3 mientras que los iones metálicos +1 y +2 dan el tipo 1 y 2.

b. Influencia de la carga del ión metálico, de su radio iónico y masa atómica sobre la cantidad de precipitado formada.

Se observa que el porcentaje de precipitado formado varía entre el 32 % y el 45% sin haber una correlación con la carga que presenta el ión metálico.

No existe relación alguna entre el tamaño del ión y la cantidad de precipitado formada. Y lo mismo ocurre con la masa atómica.

### 5.3. INFLUENCIA DE LOS COLORANTES

Con los datos recogidos de los cristales formados utilizando colorantes como dopantes se puede observar que:

- Aquellos colorantes que dan  $\text{pH} < 4,8$ , el hábito cristalino es del tipo 1 y cuando el  $\text{pH} > 4,8$  el hábito cristalino es del tipo 2.
- No hay relación alguna entre el pH y la cantidad de precipitado formada.
- No hay una relación directa con la masa molecular. También se han analizado los grupos funcionales de cada una de las moléculas del colorante y, al parecer, tampoco se encuentra relación alguna.



#### 5.4. CRECIMIENTO DE SEMILLAS

##### a. Influencia de los iones $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ y $\text{Cr}^{3+}$ .

Se preparan tres disoluciones madres con 900 g de ADP, 1500 ml de agua y 1,5g de  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 1,5 ml disolución  $\text{FeCl}_3$  y 2,1 g de papel de aluminio respectivamente, a 80-85°C. Son dejadas en recipiente aislado con poliestireno durante 2 días. Después se extraen los cristales y, cada una de ellas, se separa en tres recipientes iguales, en los que se van a colocar las diferentes semillas. Se escogen diferentes tipos de semillas, con masa y tamaño similar, pero unas son de color verde (presencia de  $\text{Cr}^{3+}$ ) y otras transparentes. Unas acaban en punta y otras no. En unos recipientes se introduce una semilla y en otros varias.

En todos los casos, el crecimiento se produce hacia todas las direcciones del espacio, pero en mayor proporción en los extremos de las caras 011 y 101, provocando un mayor desarrollo en punta. El crecimiento en aguas con  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Al}^{3+}$  es de color transparente y con  $\text{Cr}^{3+}$  es verde. No influye el hecho de que se introduzca una o varias semillas y suele crecer más la semilla de menor masa.

##### b. Cuantificación del crecimiento de una semilla

Para analizar la relación entre la masa que va adquiriendo una semilla y el tiempo que permanece en la disolución se procede a preparar diferentes disoluciones madres mediante el mismo procedimiento con el que se ha procedido y explicado en el apartado anterior. A continuación, se introduce una semilla en cada uno de los recipientes abiertos y se deja durante una semana. Al cabo de ese tiempo, se extrae la semilla, se seca, se pesa y, se vuelve a introducir en la misma disolución de la que se extrajo. Repetimos el proceso durante un mes. Se realizan 13 ensayos y se analiza la relación entre la masa del cristal y el tiempo transcurrido en su crecimiento. Los datos presentan una tendencia hacia una relación de tipo exponencial, a excepción de dos de los trece ensayos. El crecimiento del cristal se aproxima a una ecuación del tipo:  $m = m_0 \cdot e^{(k \cdot t)}$  siendo  $k$  una constante que depende del tipo de disolución en la que se encuentre la semilla,  $m$  es la masa final,  $m_0$  la masa inicial y  $t$  el tiempo transcurrido.

c. Influencia en el hábito cristalino según el tipo de disolución y tipo de cristal de la semilla.

Se observa, tras analizar más de 100 ensayos, con semillas colocadas en diferentes disoluciones madres, que la presencia de iones +2 o solo el ADP favorece el hábito cristalino tetraédrico del tipo 1 y que los iones +3, favorece el hábito del tipo 3. Por lo tanto, el hábito de crecimiento está marcado por la disolución y no por el hábito cristalino que tenga la semilla. De esta forma, una disolución que contiene iones  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  o  $\text{Al}^{3+}$  desarrolla un crecimiento que favorece el crecimiento de las caras 011 y 101 dando un aspecto de tetraedro en punta. Sin embargo, una disolución que solo contiene ADP con o sin iones +2, desarrolla un crecimiento mayor de las caras 010 y 100 y su aspecto no es puntiagudo. Solo las disoluciones de  $\text{Cr}^{3+}$  dan color verde, el resto, son transparentes. También se observa que en las semillas que tienen partes rotas, estas se regeneran.



La extensión de este documento no permite poder presentar todas las fotografías del proceso seguido.

#### 5.5. PERCEPCIÓN SOBRE LOS CONCEPTOS CRISTAL Y VIDRIO

La muestra es de 372 personas. Sus características son: el 62,1% son chicas y el 37,9% son chicos, casi la mitad son adolescentes (12-18 años) y el nivel de estudios tiene una distribución homogénea. El tratamiento de los datos se ha realizado con el programa SPSS, realizando el análisis con t-student para comprobar si había o no diferencias por género, edad, estudios o modalidad de estudios (ciencias-humanidades).

En la cuestión 1 se presenta un listado de diez objetos o materiales para identificar si es vidrio o cristal. Hay un porcentaje alto de aciertos en el caso del cristal de cuarzo, seguido del diamante, la sal y las dos botellas. Con bajos porcentajes de acierto encontramos las gafas, el vaso, el espejo, los cubitos y la ventana con el menor porcentaje de todos. El mayor número de aciertos se da entre las personas que tienen estudios superiores.

En la cuestión 2 se plantea diferenciar qué objetos son cristales. Solamente en tres objetos (placa solar, lentes de contacto y joya con diamante), de los once planteados, hay más de un 50% de aciertos. No aparecen diferencias significativas en ningún caso.

En ambas cuestiones no se aprecian diferencias significativas por género, suelen acertar más los mayores de 18 años y, aunque existen diferencias según estudios y tipo de estudios, no siguen una pauta definida.

Tras analizar las respuestas dadas, en referencia a los conceptos de vidrio y cristal, la mayoría de las personas encuestadas y, que opinan que hay diferencia entre cristal y vidrio, creen que el cristal es un material natural y el vidrio es artificial. A continuación, otra gran mayoría dice que hay diferencias, pero no saben cuáles son. Solo el 9,9% de los que dicen que hay diferencias entre vidrio y cristal (6,5 % del total de la muestra) dan una respuesta acorde con la Ciencia comentando que en el cristal hay un orden interno de sus partículas y en el vidrio no. El resto de diferencias aportadas son: el vidrio es arena, el vidrio tiene diferentes propiedades, cristal y vidrio tienen distinta composición o mezcla de materiales diferentes o varía el proceso de fabricación.

#### 6. CONCLUSIONES

Respecto a los objetivos específicos a, b y c planteados llegamos a las siguientes conclusiones:

La presencia de ácidos fuertes disminuye la cantidad de cristales formados. Además, si el pH es inferior al que tiene la disolución de ADP, el hábito cristali-



no es de tipo 1 (tetraedro) mientras que, a pH superior, se modifica y, es de tipo 2 (tetraedro laminado).

Los dopantes no han influido en la cantidad de precipitado formado, pero sí influyen en el hábito cristalino y el color. Las sales que contienen iones metálicos +3 dan cristales con hábito cristalino del tipo 3 (tetraedro en punta) mientras que los iones metálicos +1 y +2 dan el tipo 1 y 2. El ión  $\text{Cr}^{3+}$  y algunos colorantes dan color al cristal. Con  $\text{Cr}^{3+}$  se mantiene ese color en todas las recristalizaciones, pero con los colorantes va desapareciendo.

Existe equilibrio entre evaporación y precipitación ya que se mantiene la concentración de la disolución constante. Esto estaría en consonancia con la idea de que equilibrio entre la energía de hidratación y la energía electrostática de los iones.

Se produce crecimiento de semillas en las tres direcciones del espacio, pero las sales con iones +3 favorecen el crecimiento en punta (tipo 3) mientras que las de iones +2 lo hacen hacia el tipo 1. Se observa que el crecimiento es de tipo exponencial entre la masa y el tiempo, siguiendo la ecuación  $m = m_0 \cdot e^{(kt)}$ .

Por lo tanto, nuestra hipótesis de partida “La introducción de impurezas en monocristales obtenidos por métodos de crecimiento cristalino en disolución (evaporación del disolvente y descenso de la temperatura de la disolución) confieren a los cristales propiedades exclusivas, diferentes al cristal puro”, es cierta.

Por último, en lo que se refiere al objetivo específico d, cristal y vidrio son conceptos diferenciados a nivel científico y no a nivel cotidiano. Las definiciones dadas por la RAE son las que conoce la mayoría de la gente provocando disfuncionalidades en la comprensión de estos dos vocablos ya que, en la definición de vidrio se especifica que no tiene estructura cristalina, pero en la definición de cristal pone que es vidrio especial o pieza de vidrio que cubre el hueco de una ventana. Esto no ocurre en otros idiomas, por ejemplo, en inglés, ya que utiliza el vocablo “glass” para referirse al vidrio y “crystal” para referirse a estructuras cristalinas.

Con las conclusiones obtenidas en este trabajo se puede diseñar el crecimiento de un monocristal o una macla, mediante el control de estas variables. El volumen de cristales obtenidos en este trabajo hizo que se pudiera realizar una exposición, con una selección, de los mismos.



## BIBLIOGRAFÍA

- Brunsteiner, et al. (2005). Toward a Molecular Understanding of Crystal. CSIC. Cristalografía. <https://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/>
- Gallego, A. et al. (2014). Investigando la Química. Crecimiento de monocristales de NaCl, KDP y ADP. 1, pp. PÁGINAS. Asociación de Químicos de Castilla y León.
- Generalic, E. (2020). Sistemas cristalinos y redes de Bravais. EniG. Tabla periódica de los elementos. KTF-Split.
- Henao, M. (2001), Cristalografía recreativa, Medellín, Universidad Nacional de Colombia.
- International Plant Nutrition Institute (IPNI). Ficha técnica nº 9: MAP
- Lasarte, T. (2001), Cristalografía para Químicos. Teoría y práctica. Publicaciones de la Universidad Jaume I. Depósito legal: CS-385-1999
- Martín, J. A. (2014), La ciencia al alcance de la mano. Ciencia a través del cristal. Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular.
- Pina, C. M. (2014). “Los fundamentos de la Cristalografía: una reseña histórica”. Anales de Química, 110 (4), pp. 294-307.
- Quintana, S. et al. (2019). El efecto ajolote. Investigación y Ciencia. <https://www.investigacionyciencia.es/files/34003>
- Sanchez, A., García, D., y Vicente, D. (2019). “Influencia de las impurezas de aluminio y hierro sobre la cristalización de ADP”. Investigación Química Vicente Garrido Capa, (6), pp. 39- 53.





## A la caza de exoplanetas. Análisis de los tránsitos de WASP-12b

/ SEGUNDO PREMIO

**AUTORA** | CARLOTA AYBAR CANÓN

**COORDINADORA** | MANUELA RODRÍGUEZ GARCÍA

**CENTRO** | IES MARGARITA SALAS

**CIUDAD** | MAJADAHONDA, MADRID

### RESUMEN |

Los exoplanetas son los planetas localizados fuera del Sistema Solar. El número de exoplanetas descubiertos aumenta día a día. En este proyecto se estudia la intensidad lumínica proveniente de la estrella WASP-12 que cuenta con un exoplaneta ya descubierto, WASP-12b. La técnica de detección exoplanetaria empleada es la fotometría de apertura y el método del tránsito. Gracias al análisis de los tránsitos de WASP-12b alrededor de su estrella se han podido detectar algunas variaciones no previstas, que permiten hipotetizar la existencia de un segundo exoplaneta en torno a la estrella WASP-12.

### ABSTRACT |

Exoplanets are the planets located out from the Solar System. The number of discovered exoplanets increases every day. In this project it has been studied the luminous intensity from the star WASP-12, which presents an exoplanet already known, WASP-12b. The exoplanetary detection technique applied is the aperture photometry and the transit method. Thanks to the analysis of the transits of WASP-12b around its star several unforeseen variations have been detected, which allow to hypothesize the existence of a second exoplanet around the star WASP-12.



## 1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS DE TRABAJO

Este proyecto consiste en estudiar los tránsitos de WASP-12b, exoplaneta que orbita en torno a su estrella WASP-12, y a partir de ahí poder conocer más aspectos sobre este sistema planetario.

Los objetivos de este trabajo son:

- Describir la historia del Sistema Solar, sus componentes y su formación.
- Conocer la existencia de exoplanetas y los métodos empleados para su detección.
- Analizar dos tránsitos de WASP-12b y determinar sus curvas de luz.
- Calcular diferentes parámetros orbitales.
- Demostrar la posible existencia de un segundo exoplaneta en torno a WASP-12 mediante el estudio de la variación en el tiempo del tránsito de su exoplaneta conocido.

Nos planteamos la siguiente hipótesis: “Si al analizar el número de tránsitos de WASP-12b en el periodo de tiempo estudiado se observan diferencias entre los valores esperados y calculados, entonces se podría deducir la existencia de un segundo exoplaneta que orbite en torno a WASP-12 y que altere el movimiento de traslación de WASP-12b”.

## 2. MATERIALES

Los materiales empleados en este proyecto son:

- Las **fotografías de la estrella WASP-12 (387 imágenes del tránsito de 2013 y 646 de 2019)** tomadas por **el telescopio Ritchey-Chrétien** de 1,5 metros de apertura ubicado en Sierra Nevada (Figura 9, Anexo I). Las observaciones fueron realizadas por los operadores Víctor Casanova y Francisco J. Aceituno, y cedidas por la doctora Matilde Fernández, investigadora del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) del CSIC (Granada).
- Las dos cámaras con las que se tomaron las fotografías de cada tránsito analizado:
  - Para el tránsito del 3/4 de diciembre de 2013 fue **CCD VersArray 2048x2048**.
  - Para la segunda observación, 7/8 de diciembre de 2019 fue **CCD Andor ikon-L**.
- Los programas informáticos **DS9, software Salsa y Microsoft Excel** para el análisis de las imágenes.
- Los **datos de los tiempos medios de 19 tránsitos** que tuvieron lugar entre las observaciones de 2013 y 2019, que presentamos y explicamos en los resultados. (proporcionados por la Dra. Matilde Fernández).



## 3. METODOLOGÍA

Se analizan las 387 y las 646 imágenes del tránsito de 2013 y 2019 de WASP-12b respectivamente, empleando los programas Software Salsa (intensidad lumínica), DS9 (coordenadas) y Microsoft Excel. Se utiliza la técnica de la Fotometría de apertura, para lo que se definen dos aperturas: radio de estrella y radio de cielo. Se calculan dos parámetros orbitales mediante las siguientes fórmulas: “Radio exoplaneta =  $10,9 \times \text{radio estrella} \times \sqrt{\text{la variación lumínica}}$ ” y “distancia a su estrella progenitora =  $\sqrt{\text{Periodo orbital}^2 \times \text{Masa estrella}^3}$ ”. Con el método del Tránsito se detecta la variación de la intensidad lumínica de la estrella y se representan las curvas de luz. Sobre ellas se calcula el tiempo medio de cada uno de los tránsitos y se expresan, primero en días julianos, y luego en días baricéntricos, empleando unos conversores. Nos facilitan los tiempos medios en días baricéntricos de 19 tránsitos de WASP-12b entre 2013 y 2019. Se calcula el número de tránsitos entre una observación y otra: se resta al tiempo medio de un tránsito “X” el del tránsito de 2013, que tomamos como referencia, y se divide este dato entre el valor del periodo orbital. Estos son nuestros valores observados. Para analizar si los tránsitos ocurren con una periodicidad estricta o si hay alguna variación, se emplea el método de Variación en el Tiempo del Tránsito. Se calculan los residuos (valor observado menos el teórico calculado) que se representan frente al tiempo en el que ha transcurrido cada tránsito en tiempo baricéntrico. Se obtiene así la gráfica O-C.

## 4. RESULTADOS

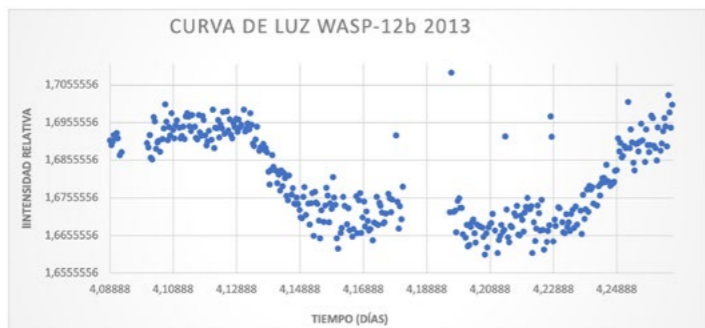
### CURVAS DE LUZ Y PARÁMETROS ORBITALES

En la gráfica 1 se representa la curva de luz correspondiente al tránsito de 2013. Este tránsito se demuestra gracias a la variación del brillo recibido por la estrella a medida que pasa el tiempo. Esto significa que un exoplaneta está pasando por delante de la estrella WASP-12 en el momento de su observación, tapando parte de esta e impidiendo que nos llegue toda la intensidad lumínica que podemos recibir de ella. El porcentaje estimado del flujo bloqueado por el disco del planeta es del **1,73%**. Calculamos el tiempo medio del tránsito según el método descrito en la metodología y obtenemos un valor de **2.456.630,695 días julianos (JD-UTC), que equivale a las 4 horas 40 minutos y 48 segundos de la madrugada del 4 de diciembre de 2013**, calculado gracias a un conversor (*Conversor fecha y hora desde/a día Juliano c.*).

En la gráfica 2 se representa el tránsito estudiado de WASP-12b en 2019. En este caso, el tiempo medio del tránsito es de **2.458.825,537 días julianos (JD-UTC)**, lo que equivale a decir que ocurrió a las **0 horas 53 minutos y 17 segundos de la noche del 8 de diciembre de 2019**. (*Conversor fecha y hora desde/a día Juliano c.*), y el porcentaje de disminución del flujo estelar relativo ha sido del **1,67%**.

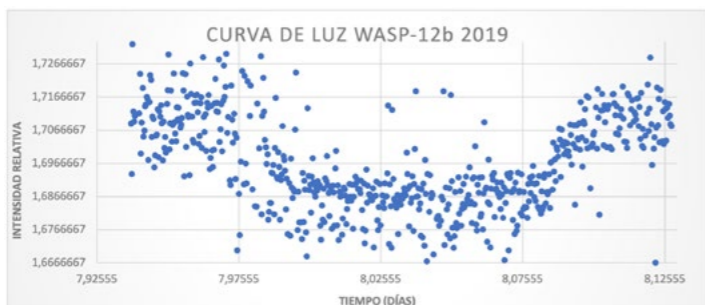
Gráfica 01.

Curva de luz del tránsito de WASP-12b del 4 de diciembre de 2013. Elaboración propia.



Gráfica 02.

Curva de luz del tránsito de WASP-12b del 7 de diciembre de 2019. Elaboración propia.



A partir de la aplicación de la fórmula explicada en la metodología se obtiene un valor para el radio de WASP-12b de **18,25 radios terrestres**, es decir, **1,629 RJ**. Constituye una buena estimación con respecto el publicado (**1,79 RJ** Brennan, P, 2020). Además, la distancia de WASP-12b a su estrella progenitora WASP-12 se ha podido conocer gracias a la aplicación de la fórmula " $D = (P^2 \times M)^{1/3}$ ", siendo de **3.403.604,763 km**, es decir, de **0.022751692568041 UA**. Este valor coincide con el publicado (*Fundación Descubre, - El Séptimo Cielo - Astronomía Andaluza., 2020*). Esta distancia es mucho menor que la de Mercurio al Sol (0,546 UA).

### NÚMERO DE TRÁNSITOS Y VARIACIÓN EN EL TIEMPO DE TRÁNSITO

En la Tabla 1 se representan los cálculos realizados a partir de los tiempos medios de los tránsitos (los dos estudiados y los 19 proporcionados) para la obtención del número de tránsitos transcurridos entre una observación y otra, así como para estudiar la posible desviación con respecto a la medición teórica.

Para poder saber si hay alguna perturbación en la órbita de WASP-12b debido a un segundo exoplaneta es necesario analizar el "Timing" o "sincronización" del residuo de los tiempos observados y calculados. Se hace una representación gráfica de O-C frente al tiempo en el que ha transcurrido cada tránsito en tiempo baricéntrico (Gráfica 3).

Tabla 01.

Número de tránsitos y desviación en el tiempo de tránsito. En la Tabla se muestra el número con el que identificamos cada tránsito, el tiempo medio de cada tránsito en JD-UTC, y BJD-TDB, el número de tránsitos transcurridos desde nuestra primera observación (2013) hasta cada una de las observaciones posteriores y el valor con el que se refleja la variación de los tiempos medios del tránsito, O-C (residuos). Elaboración propia.

| Nº TRÁNSITOS | TIEMPOS MEDIOS TRÁNSITOS (DÍAS JULIANOS) | TIEMPOS MEDIOS TRÁNSITOS FACILITADOS | TIEMPOS MEDIOS DE TODOS LOS TRÁNSITOS (DÍAS BARICÉNTRICOS) | Nº DE TRÁNSITOS | VARIACIÓN TIEMPOS DE TRÁNSITO |
|--------------|--|--------------------------------------|--|-----------------|-------------------------------|
| 2013         | 2456630,69500                            |                                      |  |                 |                               |
| 2696         |  | 7451,446165                          |  | 751,996452      | 0,996452                      |
| 2916         |  | 7691,558884                          |  | 971,996398      | 0,996398                      |
| 2927         |  | 7703,563880                          |  | 982,995808      | 0,995808                      |
| 2948         |  | 7726,483999                          |  |                 | 0,996049                      |
| 2949         |  | 7727,575466                          |  |                 | 0,996091                      |
| 2990         |  | 7772,324068                          |  |                 | 0,996376                      |
| 2991         |  | 7773,415165                          |  |                 | 0,996079                      |
| 3003         |  | 7786,512098                          |  |                 | 0,995962                      |
| 3024         |  | 7809,431904                          |  |                 | 0,995916                      |
| 3025         |  | 7810,523269                          |  |                 | 0,995864                      |
| 3223         |  | 8026,623680                          |  |                 | 0,994866                      |
| 3245         |  | 8050,635188                          |  |                 | 0,995076                      |
| 3266         |  | 8073,555089                          |  |                 | 0,995118                      |
| 3267         |  | 8074,646511                          |  |                 | 0,995118                      |
| 3320         |  | 8132,491209                          |  |                 | 0,994519                      |
| 3341         |  | 8155,411516                          |  |                 | 0,994932                      |
| 3342         |  | 8156,502670                          |  |                 | 0,994687                      |
| 3351         |  | 8166,325745                          |  |                 | 0,994943                      |
| 3362         |  | 8178,331036                          |  |                 | 0,994624                      |
| 2019         | 2458825,53700                            |                                      |  |                 | 0,993705                      |

Gráfica 03.

Timing o sincronización de los residuos de tránsito. Elaboración propia.





Si los tránsitos ocurrieran con una periodicidad estricta, los residuos dibujarían una línea “horizontal” (siempre hay algo de ruido que la distorsiona levemente); sin embargo, en la gráfica 3 se observa una pendiente, lo que nos demuestra que durante el periodo de tiempo analizado de 2013 a 2019 se ha producido una variación en el tiempo de tránsito. Una posible explicación es la presencia de un **segundo exoplaneta** en el sistema que acelere o retrase el momento del tránsito de WASP-12b. De este modo confirmamos nuestra hipótesis.

## 5. CONCLUSIONES

Tras la realización de este Proyecto de Investigación se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. La mayoría de los exoplanetas descubiertos son gigantes gaseosos que orbitan muy cerca de su estrella.
2. Se corrobora la existencia de WASP-12b mediante el método del tránsito tras analizar dos tránsitos (2013 y 2019) en torno a su estrella WASP-12.
3. El valor calculado del radio del exoplaneta WASP-12b es **18,25 radios terrestres** (1,629 radios de Júpiter) y la distancia de WASP-12b a su estrella progenitora WASP-12 es **0.022751692568041UA** (3.403.604,763 km), valores que coinciden con lo publicado.
4. Nuestros resultados confirman que WASP-12b se trata de un gigante gaseoso que cuenta con una órbita menor que la de Mercurio con respecto al Sol. Esto puede ser debido a la enorme acción gravitatoria que ejerce WASP-12 sobre su planeta.
5. En WASP-12b no se dan ninguna de las condiciones de habitabilidad, por lo que no se considera un candidato para albergar vida.
6. El estudio de la variación en el tiempo medio del tránsito nos permite deducir la existencia de un segundo exoplaneta en torno a la estrella WASP-12, lo que confirma nuestra hipótesis.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Anguita F. et al. CULTURA CIENTÍFICA, CIUDAD, Santillana.
- Arbeláez, L. Solo es Ciencia. ¿Sabes qué son los exoplanetas y cuántos se han descubierto hasta ahora?
- Astrofísica y Física. Clasificación de los exoplanetas. <https://www.astrofisicayfísica.com/2018/07/clasificacion-de-los-exoplanetas.html>
- Astrosigma. Los planetas gigantes gaseosos. <https://astrosigma.com/gigantes-gaseosos/>
- Bejerano, P. Cómo ésta estudiante canadiense ha descubierto 17 exoplanetas. <https://blogthinkbig.com/estudiante-canadiense-descubierto-17-exoplanetas>



- Blanco, G. Un nuevo método para hallar exoplanetas. KosmosLogos. <https://www.noticiasdelcosmos.com/2010/07/un-nuevo-metodo-para-hallar-exoplanetas.html>
- Brennan, P. Exoplanet-catalog. Exoplanet Exploitation: Planets Beyond our Solar System WASP-12 b.
- Conversión de fecha a día juliano. Agrupación Astronómica Jerezana Magallanes. <https://agrupacionastronomicamagallanes.wordpress.com/experimento-de-eratos-tenes/conversion-de-fecha-a-dia-juliano/>
- Conversión fecha y hora desde/a día Juliano c. <https://www.tutiempo.net/astrologia/conversor-fecha-juliana.html>
- Costa, C. Cronología de las Misiones de Estudio de Exoplanetas y dónde encaja CHEOPS en ella. Asociación de Aficionados a la Astronomía. <https://www.aaa.org.uy/2018/08/cronologia-de-las-misiones-de-estudio-de-exoplanetas-y-donde-encaja-cheops-en-ella/>
- Download. <http://www.euhou.net/index.php/salsaj-software-mainmenu-9/download-mainmenu-10?task=view&id=8>
- “EL MUNDO. Un telescopio capta por primera vez una estrella similar al Sol con dos exoplanetas”. Ciencia,
- El Universo hoy. Podían existir alrededor de 6 mil millones de planetas similares a la Tierra, tan solo en la Vía Láctea. <https://www.eluniversohoy.net/podrian-existir-alrededor-de-6-mil-millones-de-planetes-similares-a-la-tierra-tan-solo-en-la-via-lactea/>.
- El Universo Hoy. El Sistema Solar adquirió tempranamente su configuración actual. <https://www.eluniversohoy.net/el-sistema-solar-adquirio-tempranamente-su-configuracion-actual/>
- Formación del Sistema Solar y los planetas. [https://biologia-geologia.com/BG4/51\\_el\\_origen\\_de\\_la\\_tierra.html](https://biologia-geologia.com/BG4/51_el_origen_de_la_tierra.html)
- Fundación Descubre. ¿Cuál es el planeta más caliente? El Séptimo Cielo Astronomía Andaluza. <https://elseptimocielo.fundaciondescubre.es/descubre-el-universo/100-preguntas-100-respuestas/sistema-solar/cual-es-el-planeta-mas-caliente/>
- IAA-CSIC. Observatorio de Sierra Nevada. <https://www.osn.iaa.csic.es>
- IDL. Barycentric Julian Date. <http://astrutils.astronomy.ohio-state.edu/time/utc2bjd.html>
- Hamilton, C. J. El Descubrimiento de los Satélites Galileanos. <http://solarviews.com/span/galdisc.htm>
- LIADA Liga Iberoamericana de Astronomía "Métodos de Detección | Sección de Exoplanetas - Planetas extrasolares / LIADA Liga iberoamericana de Astronomía".
- Maciejewski, G. "Planet-star interactions with precise transit timing. I. the defined orbital decay date for WASP-12 b and initial constraints WASP-23 b, KEPLER-1 b, KEPLER-16 b, WASP-33 b, and WASP-103 b",.



- Maciejewski, G. "WASP-12 b - an exoplanet falling onto its host star?". NASA/ADS.
- Mantelo, D. Blog de Divulgación Científica y Tecnológica. WASP-12b: un gigante gaseoso en forma de huevo. <https://divulgando-ciencia.blog/wasp-12b-un-gigante-gaseoso-en-foíma-de-huevo/>
- Martí, A. "Este planeta no sólo tiene un lado oscuro, los tiene todos: WASP-12b, un planeta caliente".
- Martínez, F. y Muégano, J. El origen del universo. [http://www3.gobieinodecanafias.oíg/aciisi/cienciasmc/web/pdf/u2\\_el\\_oíigen\\_del\\_uni veiso.pdf](http://www3.gobieinodecanafias.oíg/aciisi/cienciasmc/web/pdf/u2_el_oíigen_del_uni veiso.pdf)
- Pedrinaci, E. Ciencias del Mundo Contemporáneo, Fundación Santa María-SM.
- Aznar, E. Conversor fecha y tiempo desde/a Día Juliano con JavaScript. <https://www.ugr.es/~eaznar/conversorFecha.htm>
- SAOImage DS9. <https://sites.google.com/cfa.harvard.edu/saoimageds9/home>
- Serrano, C. "Arrokoth: el científico cuya revolucionaria teoría sobre el origen de los planetas fue comprobada por la sonda New Horizons 15 años después". BBC News Mundo.
- Strickland, A. Una estudiante encontró 17 nuevos exoplanetas, uno posiblemente habitable. <https://cnnespanol.cnn.com/2020/02/28/una-estudiante-de-astíonomia-encontío-17-nuevos-exoplanetas-y-uno-es-potencialmente-habitable/>
- Wikipedia, la enciclopedia libre. Fecha Juliana Baricéntrica. [https://es.wikipedia.org/wiki/Fecha\\_Juliana\\_Baricentrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Fecha_Juliana_Baricentrica)
- Wikipedia, la enciclopedia libre. HD 162826. [https://es.wikipedia.org/wiki/HD\\_162826](https://es.wikipedia.org/wiki/HD_162826)
- Wikipedia. Jupiter caliente - Hot Jupiter - wiki. [https://es.qwe.wiki/wiki/Hot\\_Jupiter](https://es.qwe.wiki/wiki/Hot_Jupiter)
- Wikipedia, la enciclopedia libre. Neptuno caliente. [https://es.wikipedia.org/wiki/Neptuno\\_caliente](https://es.wikipedia.org/wiki/Neptuno_caliente)
- Wikipedia, la enciclopedia libre. Planeta superhinchado. [https://es.wikipedia.org/wiki/Planeta\\_superhinchado](https://es.wikipedia.org/wiki/Planeta_superhinchado)
- Wikipedia, la enciclopedia libre. Sistema solar. [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_solar](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_solar)
- Wikipedia, la enciclopedia libre. Sol. <https://es.wikipedia.org/wiki/Sol>
- Wikipedia, la enciclopedia libre. Supertierra. <https://es.wikipedia.org/wiki/Supertierra>
- Wikipedia, la enciclopedia libre. WASP-12. <https://es.wikipedia.org/wiki/WASP-12>
- Wikipedia, la enciclopedia libre. WASP-12b. <https://es.wikipedia.org/wiki/WASP-12b>



- Wikipedia, The exoplanet Encyclopaedia, [exoplanet.eu](https://exoplanet.eu) Kepler Telescope at [keplei.nasa.gov](https://keplei.nasa.gov), Métodos de Detección | Sección de Exoplanetas - Planetas extrasolares / LIADA Liga iberoamericana de Astronomía. Available: <https://exoplanetasliada.wordpress.com/metodos-de-deteccion/>
- Wikipedia, The exoplanet Encyclopaedia, [exoplanet.eu](https://exoplanet.eu) Kepler Telescope at [keplei.nasa.gov](https://keplei.nasa.gov), Métodos de Detección | Sección de Exoplanetas - Planetas extrasolares / LIADA Liga iberoamericana de Astronomía. Available: <https://exoplanetasliada.wordpress.com/metodos-de-deteccion/>



## La paradoja de las medidas higiénicas en las aulas: ¿limpias o contaminas?

/ TERCER PREMIO

**AUTORA** | ADRIANA GALINDO FERNÁNDEZ

**COORDINADORA** | ISABEL ZAMORANO LUCAS

**CENTRO** | IES LOS ALBARES

**CIUDAD** | CIEZA, MURCIA

### RESUMEN |

Se pretende describir los efectos que los agentes limpiadores causan en la calidad del aire y en la salud de las personas presentes en las aulas. Se han medido los niveles de  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , COVs, temperatura y humedad tanto en una urna de metacrilato como en un aula del IES Los Albares en Cieza (Murcia). Posterior a ello, se han repetido las mediciones añadiendo plantas biodepuradoras del aire. También, se ha realizado una encuesta al personal de limpieza de instituciones públicas de Cieza para conocer el impacto de los productos de limpieza en su estado de salud. Se concluye que los niveles de  $\text{CH}_2\text{O}$  y COVs tras la acción de un agente de limpieza son excesivamente altos, llegando a medir máximos que, tras 24 horas desde su aplicación, no se llegan a estabilizar ya que se iniciaba el siguiente ciclo de limpieza. Además, se han dado altos niveles de  $\text{CH}_2\text{O}$  y COVs durante la jornada escolar debido a la desinfección de las mesas por el alumnado. Estos niveles superan los límites aconsejables de COVs y de  $\text{CH}_2\text{O}$  asociados a reacciones alérgicas o sensibilizantes. Asimismo, se observa la efectividad de las plantas biodepuradoras en la reducción de los parámetros. También, se ha comprobado que los niveles de  $\text{CO}_2$  son independientes a la acción de los productos de limpieza. Por último, se observa indicios de una repercusión negativa de los agentes limpiadores en el estado de salud de las encuestadas, con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias y cutáneas.

**Palabras clave:** Contaminación del aire, Calidad del Aire Interior (CAI), Formaldehído ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).



### ABSTRACT |

The general objective of this research is to describe the effects of cleaning agents on air quality and accordingly, their impact on the health of the people present in the classrooms. Therefore, measurements of the levels of  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , COVs, temperature and humidity have been carried out in a methacrylate urn and in a classroom at IES Los Albares in Cieza (Murcia). Subsequently, these have been repeated with the addition of air-purification plants. In addition, cleaning workers were surveyed in Cieza to find out the impact of cleaning products on their health. It is concluded that the levels of  $\text{CH}_2\text{O}$  and COVs after the action of a cleaning agent are excessively high. Measuring maximum up to 24 hours, which cannot be stabilized as the next cleaning cycle begins.  $\text{CO}_2$  is an independent parameter for this cause. High standards have even been achieved during the school day due to the disinfection of tables by the students. These levels exceed the recommended maximum levels of COVs (220 ppb) and  $\text{CH}_2\text{O}$  ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) associated with allergic or sensitizing reactions. It is reflected that the introduction of certain plants significantly reduces these pollutants. Finally, it appears that the health of the sample of the surveyed sector is negatively affected by these chemicals, with a higher incidence of respiratory and skin diseases.

**Keywords:** Air pollution, Indoor Air Quality (IAQ), Formaldehyde ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), Volatile Organic Compounds (VOCs) and Carbon Dioxide ( $\text{CO}_2$ ).

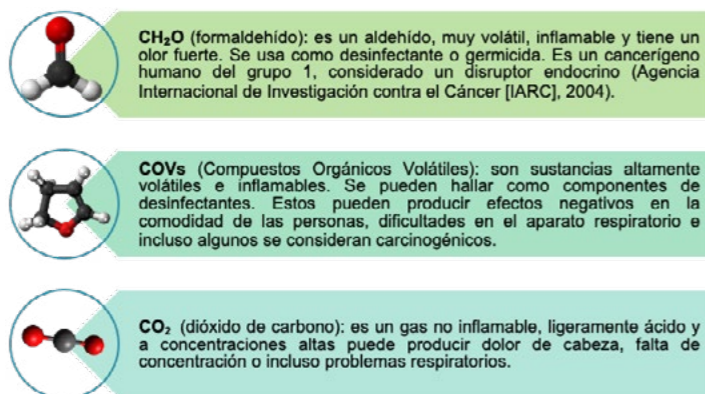


## 1. JUSTIFICACIÓN

La contaminación atmosférica constituye un problema muy perjudicial para los seres humanos y para el medio ambiente. En el DPEJ (Diccionario Panhispánico del Español Jurídico) queda definida como “la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medioambiente y demás bienes de cualquier naturaleza”. La OMS (Organización Mundial de la Salud, 2021) anunció que la contaminación del aire en interiores causa 3,8 millones de muertes al año de las cuales un 27% se produjo por cardiopatía isquémica, el 20% por neumopatía obstructiva crónica, un 18% por accidente cerebrovascular, un 8% por cáncer de pulmón y un 27% por neumonía. Según la OMS (2021), más del 50% de los fallecimientos por neumonía en niños menores de 5 años se deben a la inhalación de contaminantes en interiores. Tres sustancias son de especial interés en este trabajo (Figura 1):

Figura 01.

Sustancias de interés en este trabajo.



Además, la pandemia de la COVID-19 ha acrecentado la preocupación por desinfectar las superficies, utilizando así, productos más contaminantes. Por todo lo anterior, el interés científico del presente trabajo radica en el análisis de los efectos de las medidas higiénicas en la calidad del aire y en el estado de salud de las personas que estudian o trabajan en centros educativos.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CALIDAD DEL AIRE EN INTERIORES Y PRODUCTOS DE LIMPIEZA

Los productos de limpieza son compuestos químicos caracterizados por su pH. Pueden ser neutros (pH 7), ácidos (pH cercano a 0) o básicos (pH próximo a 14). En el ámbito de la limpieza, en general, la exposición de las personas a productos químicos se produce por la inhalación de dichos productos los cuales contaminan la estancia. Pueden producir gases irritantes o tóxicos como amoníaco,

disolventes, lejía, alcohol, detergentes y desinfectantes que contengan formol o glutaraldehído (Tarradellas, 2008). Los impactos en el estado de salud pueden producirse en un período corto (agudos) o a largo plazo (crónicos). Estos se agravan en estancias cerradas y sin ventilación. En cuanto a las repercusiones en el ser humano del CH<sub>2</sub>O y del CO<sub>2</sub>, se ha partido de las siguientes clasificaciones (Tabla 1):

Tabla 01.

Clasificación de los niveles de CO<sub>2</sub> y CH<sub>2</sub>O en cuanto a la repercusión en el ser humano. Fuente: Baubiologie (2015).

|  | NO SIGNIFICATIVO | DÉBILMENTE SIGNIFICATIVO | FUERTEMENTE SIGNIFICATIVO | EXTREMADAMENTE SIGNIFICATIVO |
|--|------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|
| CH <sub>2</sub> O en µg/m <sup>3</sup>     | < 20             | 20 - 50                  | 50 - 100                  | > 100                        |
| CO <sub>2</sub> en partes por millón (ppm) | < 600            | 600 - 1.000              | 1.000-1.500               | > 1.500                      |

También se ha realizado una clasificación de los niveles de COVs (Tabla 2):

Tabla 02.

Clasificación de los niveles de COVs en cuanto a la repercusión en el ser humano. Fuente: Inbiot (s.f.).

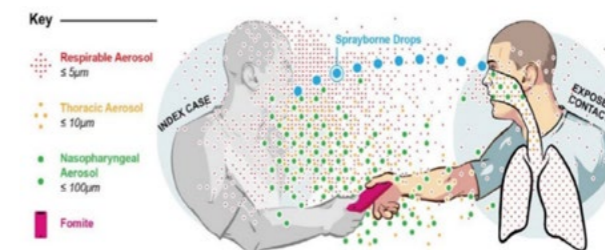
| REFERENCIA    | CALIDAD DEL AIRE                                       | SALUD                                    | TVOC (PPB)  |
|---------------|--|--|-------------|
| 1 (excelente) | Buena calidad aire                                     | Valor de referencia                      | 0-65        |
| 2 (bueno)     | Valores aceptables                                     | Aceptable                                | 65 - 220    |
| 3 (medio)     | Valores no recomendados en exposición continua (1 año) | Reacciones alérgicas y/o sensibilizantes | 220 - 660   |
| 4 (pobre)     | Valores no recomendados en exposición continua (1 mes) | Hipersensibilidad y/o enfermedad         | 660 - 2200  |
| 5 (insalubre) | Valores inaceptables                                   | Acción inmediata                         | 2200 - 5500 |

### 2.2 RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL AIRE Y EL CONTAGIO

Una vía de transmisión de la COVID-19 es a través de la inhalación de aerosoles.

Figura 02.

Formas de transmisión del SARS-CoV-2, mostrando el spray de gotículas balísticas, los aerosoles de diferentes tamaños, y los fómites.



Se distingue entre “gotas” ( $>5 \mu\text{m}$ ) y “aerosoles” o “micro-gotas” (Minguillón et al., 2020). Las partículas de mayor grosor suelen precipitar más rápido y las partículas de menor grosor permanecen en suspensión durante horas o días. El SARS-CoV-2 es capaz de mantenerse activo mientras está formando parte de estas partículas en suspensión en el aire más de tres horas (Van Doremalen et al., 2020). Para comprobar que se hace una renovación efectiva del aire, se mide la acumulación de  $\text{CO}_2$ . Si la cifra es elevada hay una mayor probabilidad de que si hay una persona infectada, haya más partículas infectivas del virus en el ambiente por su acumulación. Además, se sugiere que la incidencia y el riesgo de mortalidad por COVID-19 aumentan con la exposición aguda y crónica a los contaminantes del aire, particularmente a  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{NO}_2$  (Félix-Arrellano et al., 2020).

### 3. METODOLOGÍA

Esta investigación aborda la siguiente cuestión: ¿cómo influyen las medidas higiénicas en la calidad del aire? El objetivo general de esta investigación consiste en determinar los efectos de las medidas higiénicas en la calidad del aire de las aulas y en el estado de salud de las personas. Así, los objetivos específicos son:

1. Medir los niveles de temperatura, humedad,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$  y COVs en las aulas del IES Los Albares a lo largo de la jornada escolar y tras la limpieza.
2. Analizar la forma en la que afectan los productos de limpieza a los niveles de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$  y COVs y comprobar si se reducen con la implantación de una selección de plantas depuradoras del aire.
3. Conocer los efectos de los agentes limpiadores en el estado de salud del personal de limpieza de instituciones públicas de Cieza (Murcia).

Se trata de una investigación de enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo, carácter longitudinal y método cuantitativo de recogida de datos, aunque se ha reforzado con un instrumento cualitativo, la encuesta. Asimismo, se recogieron datos a través de tres instrumentos plasmados en la Figura 3:

#### INSTRUMENTO 1: REGISTRO DE DATOS

Se llevó a cabo mediante un monitor de calidad del aire (marca InBiot, modelo MICA Wall) que muestra los niveles de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ , CO, COV,  $\text{PM}_{1.0}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ . De igual forma, registra la temperatura, la humedad relativa y la presión atmosférica exterior e interior.

#### INSTRUMENTO 2: ENTREVISTA

Se realizó una entrevista a Ana Ruiz Ilundain, graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales y tiene un Máster en Ingeniería Industrial. Además, trabaja en la empresa InBiot Monitoring como gerente de proyectos.

#### INSTRUMENTO 3: ENCUESTA

Se efectuó al personal de limpieza de estancias públicas de Cieza (Murcia) para determinar los efectos de los agentes limpiadores en su salud, una muestra de 20 mujeres.

Figura 03.

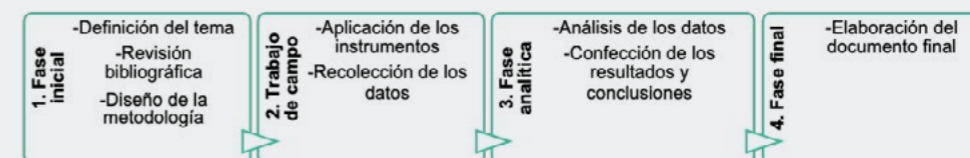
Instrumentos de la investigación.



El trabajo se ha dividido en las siguientes fases (Figura 4):

Figura 04.

Fases de la Investigación.



El dispositivo usado en las mediciones es un monitor de CAI que proviene de la empresa InBiot Monitoring S.L. Este dispositivo mide los siguientes parámetros:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ , CO, COVs,  $\text{PM}_{1.0}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ , temperatura y humedad exterior e interior. Este deposita los datos en una página web. Además, el aparato posee LEDs de iluminación de estado.

Figura 05.

Dimensiones Mica Wall.  
Fuente: Inbiot (s.f.).



Se distingue una primera etapa en la que se realizó un ensayo en la urna del laboratorio desde el 16 de junio hasta finales de julio de 2021. La segunda etapa se desarrolló en la urna desde el 8 de septiembre hasta el 15 de octubre de 2021. En la última se realizaron mediciones en el aula desde el 8 de octubre hasta el 29 de octubre de 2021.

#### 3.1 MEDICIONES EN LA URNA

Se midieron los niveles de humedad, temperatura, COVs,  $\text{CH}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$  tras el uso de un mismo producto de limpieza. En primer lugar, se realizaron dentro de una urna cerrada de metacrilato de  $64 \text{ dm}^3$  en el laboratorio de física y química del IES Los Albares. El tiempo entre un experimento y otro lo determinaba la estabilidad de los niveles de COVs y de  $\text{CH}_2\text{O}$  para conseguir que no quedasen restos acumulados de producto en la urna con el fin de obtener una mayor fiabilidad. Se dejaba un día la urna abierta limpiada con agua entre una medición y otra. Luego se repitió introduciendo plantas en la urna.



Figura 06.

Urna con y sin plantas en el laboratorio.



Se distinguen dos periodos:

Dentro del Periodo 2 se distinguen dos diferentes condiciones:

- Insertando una planta de una de las cuatro especies.
- Insertando tres plantas: P2, P3 y P4.

Figura 07.

Periodos de la experimentación en la urna.

|   |  |
|---|--|
| <b>Periodo 1: junio-julio 2021 (ensayo)</b>   | • Diferentes tipos de plantas con hojas carnosas suculentas.   |
| <b>Periodo 2: septiembre-octubre 2021</b>   | • Plantas: <i>Kalanchoe thyrsiflora</i> (P1), <i>Epipremnum aureum</i> (P2), <i>Dracaena trifasciata</i> (P3), <i>Hoya carnososa</i> (P4). |
| <b>Producto: SIL-MAR White Friegasuelos disolución 10% en volumen: 50 ml de este producto en 500 ml de agua</b> | Composición: 5% secuestrantes metálicos, 5% tensioactivos aniónicos y 5%-15% de emulsionantes (entre otros).                               |
| <b>Superficie de las hojas seleccionadas en la urna</b>   | • P2: 462,76 cm <sup>2</sup> ; P3: 485,64 cm <sup>2</sup> ; P4: 271,6 cm <sup>2</sup> ; Superficie total P2,P3 y P4: 1220 cm <sup>2</sup>  |

### 3.2 MEDICIONES EN EL AULA

El dispositivo se dispuso en el aula E02 del instituto IES Los Albares. La estancia posee cuatro ventanas dobles, 145 m<sup>3</sup> y no cuenta con ventilación artificial. El dispositivo se ubicó a una distancia considerable de las fuentes de renovación del aire (puerta y ventanas). Las mediciones se llevaron a cabo del 8 al 29 de octubre de 2021.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS DEL REGISTRO DE DATOS EN LA URNA

Tres tomas sin plantas (media) y dos mediciones (media) con tres especies de plantas distintas.

Figura 08.

Niveles de CH<sub>2</sub>O (µg/m<sup>3</sup>) en la urna cerrada sin plantas y con P2, P3 y P4.

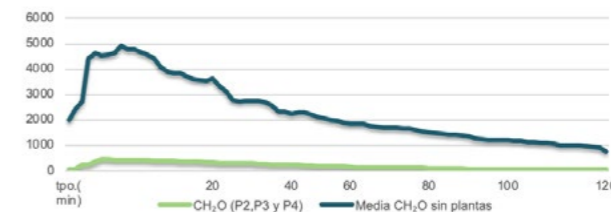


Figura 09.

Niveles de COVs (ppb) en la urna cerrada sin plantas y con P2, P3 y P4.

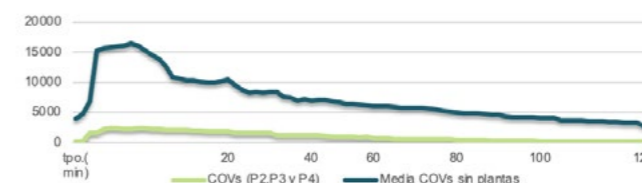
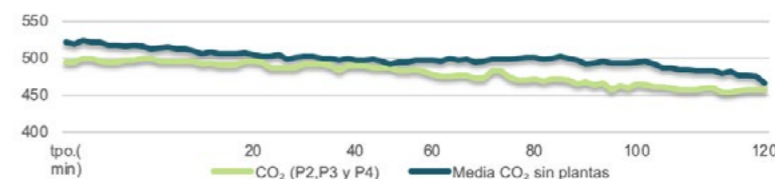


Figura 10.

Niveles de CO<sub>2</sub> (ppm) en la urna cerrada sin plantas y con P2, P3 y P4.



Respecto a los resultados con un conjunto de plantas (P2, P3 y P4) y sin ellas, en todos los niveles de los contaminantes se da una disminución, destacando significativamente la de CH<sub>2</sub>O (Figura 8) y COVs (Figura 9). Se aprecia una disminución de CO<sub>2</sub>, pero no es relevante (Figura 10).

### 4.2 RESULTADOS DEL REGISTRO DE DATOS EN EL AULA

Se aprecian los resultados en el aula E02 sin plantas. La limpieza se realiza con el aula abierta y con productos como SIL-MAR White Friegasuelos, amoniacal o vinagre de limpieza. Tras la finalización de la limpieza, las aulas quedan cerradas.

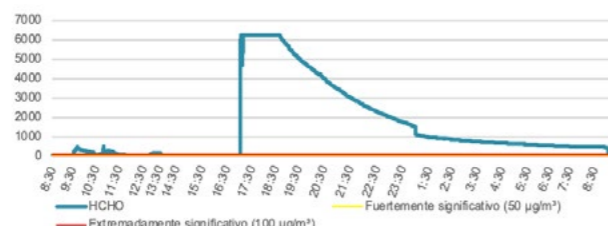
#### Día 26 de octubre de 2021

En la gráfica de CH<sub>2</sub>O (Figura 11) se evidencia el problema de escala. Como los máximos están cercanos a 6200 µg/m<sup>3</sup> y los niveles que no se debería sobrepasar son los 50 µg/m<sup>3</sup>, que ya es una pobre calidad del aire, cualquier máximo relativo como los de la jornada escolar ya está sobrepasando esta cantidad. Durante la jornada escolar surgen máximos relativos debido a la desinfección de



Figura 11.

Niveles de  $\text{CH}_2\text{O}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el aula cerrada sin plantas.



las mesas y estos no se terminan de estabilizar hasta pasada una hora. Superan en diez veces la cantidad aconsejable ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tras la limpieza aparece el máximo absoluto que alcanza hasta los  $6250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (límite del dispositivo). En el caso concreto de este día no se llegaron a estabilizar los niveles ya que antes de ofrecer esa oportunidad se iniciaba otro ciclo de limpieza. Es de gran relevancia que a las 8:30 del siguiente día seguíamos acompañados de una mala CAI.

Figura 12.

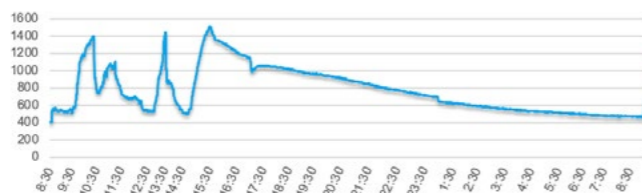
Niveles de COVs (ppb) en el aula cerrada sin plantas.



En cuanto a los niveles COVs (Figura 12), siendo no recomendable superar las 220 ppb, se aprecia la misma situación, aunque poseen una escala diez veces mayor que la de  $\text{CH}_2\text{O}$ . Los que los incrementos surgidos durante la jornada escolar alcanzan hasta las 6000 ppb, superando en 27 veces las 220 ppb establecidas. En cuanto actúan los agentes limpiadores se sobrepasa las 60000 ppb (límite del dispositivo), siendo 272 mayor que el máximo aconsejable.

Figura 13.

Niveles de  $\text{CO}_2$  (ppm) en el aula cerrada sin plantas.



En cuanto a la gráfica de  $\text{CO}_2$  (Figura 13) se aprecia una inestabilidad de los niveles durante la jornada escolar y esta proporcionaría información sobre la ocupación o ventilación del aula. Estos niveles van disminuyendo cuando finaliza la jornada lectiva y aumentan con el inicio de las clases el día posterior.

El análisis del día 21 y 22 de octubre de 2021 se encuentra en el siguiente enlace:

<https://docs.google.com/document/d/1BTaLWFurn1zjrTMbxq4Sma7jmHko9qL7KnVXNNwSGI/edit?usp=sharing>

### 4.3 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Dos tercios de las encuestadas afirman usar agentes de limpieza más peligrosos a raíz de la pandemia. Las molestias principales son el lagrimeo, los picores en los ojos, en la garganta, en la nariz y la tos. Respecto a las enfermedades, las más comunes son con un 39%, 38% y 33%, la dermatitis irritativa, el asma y la faringitis respectivamente, dándose en menor porcentaje, un 11% la bronquitis y la laringitis.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1 OBJETIVOS 1 Y 2

Los niveles de los contaminantes tras la limpieza excepto los de  $\text{CO}_2$  son extremadamente altos y preocupantes. En las mediciones realizadas durante la jornada escolar se muestran máximos relativos originados por la desinfección de las mesas al inicio de las clases. Como mínimo habría que esperar una hora para que el estudiante no se viese afectado por estos contaminantes. Se le añade la contaminación de la limpieza diaria, midiendo máximos de hasta 24 horas (26 de octubre de 2021). Se ha demostrado grandes incrementos de  $\text{CH}_2\text{O}$  y COVs a raíz de la limpieza prácticamente insalubres. Para amortiguar estos efectos negativos de los productos desinfectantes se ha comprobado que es efectivo el uso de plantas junto con una buena ventilación. Todas las plantas utilizadas en la urna son eficaces para la reducción de los parámetros tóxicos.

Atendiendo a los resultados, no es seguro entrar en un aula inmediatamente después de haber sido limpiada. Aunque esta información, puede variar dependiendo de factores como el agente limpiador o la ventilación proporcionada. Los datos evidencian la necesidad de controlar la CAI, reflejándose la alta necesidad en las aulas de una monitorización continua de  $\text{CH}_2\text{O}$ , COVs y  $\text{CO}_2$ .

### 5.2 OBJETIVO 3

Tras preguntar por el estado de salud del personal de limpieza de estancias públicas de Cieza, hay indicios de que los productos desinfectantes repercuten



negativamente en ella con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias y cutáneas. Sobre todo, se puede comprobar una gran afección al confort de las limpiadoras. El uso de sustancias muy tóxicas como las pastillas de cloro junto con la duración de la toxicidad en el aire hace que estén expuestos desde prácticamente la aplicación del producto hasta varias horas después. En línea con lo anterior, se ha llegado a medir niveles de toxicidad no recomendables en exposición continua desde el primer minuto tras el uso de un agente limpiador hasta 24 horas más tarde, sin conceder la oportunidad de estabilización de los niveles ya que se iniciaba el siguiente ciclo de limpieza.

Esto muestra la necesidad de limpiar con productos menos tóxicos conduciendo así a una mejora de la CAI. Se debería estudiar con mayor profundidad los productos que se asignan al personal público de limpieza de estancias públicas de Cieza ya que esto no solo afecta a su estado de salud, sino a la de las personas que acceden durante o después de la acción de agentes limpiadores.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Administración Internacional de Aeronáutica y del Espacio [NASA]. (1989, 15 de septiembre). Estudio de plantas de paisaje interior para la reducción de la contaminación del aire interior.  
<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19930073077/downloads/19930073077.pdf>
- Constantin, J. G., Montesinos, N. V., Santágata, D., Quici, N., Lichtig, P., Espada, R., y Rössler, C. (2020) Transmisión de SARS-CoV-2 por vía aérea (inhalación de aerosoles). Medidas de reducción de exposición.  
[https://www.researchgate.net/publication/346572629\\_Transmision\\_de\\_SARS-CoV-2\\_por\\_via\\_aerea\\_inhalacion\\_de\\_aerosoles\\_Medidas\\_de\\_reduccion\\_de\\_exposicion](https://www.researchgate.net/publication/346572629_Transmision_de_SARS-CoV-2_por_via_aerea_inhalacion_de_aerosoles_Medidas_de_reduccion_de_exposicion)
- Félix-Arellano E.E., Schilmann A., Hurtado-Díaz M., Texcalac-Sangrador J.L., Riojas-Rodríguez H. (2020) Revisión rápida: contaminación del aire y morbimortalidad por Covid-19. *Salud Pública México*, 62(5). 582-589.  
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=95392>
- Jones, R. M., & Brosseau, L. M. (2015). Aerosol transmission of infectious disease. *Journal of occupational*  
[https://journals.lww.com/joem/Abstract/2015/05000/Aerosol\\_Transmission\\_of\\_Infectious\\_Disease.4.aspx](https://journals.lww.com/joem/Abstract/2015/05000/Aerosol_Transmission_of_Infectious_Disease.4.aspx)
- OMS. (2014, 25 de marzo). 7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica. [Comunicado de prensa]. Recuperado de:  
<https://www.who.int/es/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>
- Real Academia Española. (2020). Diccionario panhispánico del español jurídico (23.ª ed.) Consultado en  
<https://dpej.rae.es/lema/contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica>



## La energía más limpia: las celdas de combustible microbianas

/ TERCER PREMIO ESTANCIA CSIC

**AUTOR** | MARTÍ COUSILLAS ALMAR

**COORDINADORA** | EULALIA AMORÓS LLISTOSELLA

**CENTRO** | IES DE VILAFANT

**CIUDAD** | VILAFANT, GERONA

### RESUMEN |

El descubrimiento de bacterias capaces de convertir la energía química de la materia orgánica en electricidad puede llevarnos a una nueva forma de energía verde: los sistemas bioelectroquímicos (BES). Estos pueden contribuir a solucionar dos de los problemas más críticos de la sociedad actual: la crisis energética y la disponibilidad de agua no contaminada. Conseguir que estas nuevas formas de energía pasen de la teoría a la práctica supone un importante reto biotecnológico.

El objetivo de este trabajo es construir y poner en funcionamiento una celda de combustible microbiana para investigar cómo, variando los factores que intervienen en su rendimiento, se puede conseguir una mayor generación de electricidad.

### ABSTRACT |

The discovery of bacteria capable of converting the chemical energy of organic matter into electricity can lead us to a new form of green energy: Bioelectrical systems (BES). They can help solve two of the most critical problems in today's society: the energy crisis and the availability of non-contaminated water. Putting these new forms of energy into practice is a major biotechnological challenge.

This project aims to build and operate a microbial fuel cell to investigate how it is possible to improve and achieve an increased generation of electricity, by varying the factors involved in its performance.



## INTRODUCCIÓN

Según las últimas previsiones de la ONU se estima que en el año 2050 la población mundial superará los 9000 millones de personas. A medida que la población aumenta, aumentan también sus necesidades energéticas. Los combustibles fósiles que ahora representan el 80% de la producción energética son recursos limitados y su explotación genera los numerosos problemas ambientales que todos conocemos.

Paralelamente la población mundial genera gran cantidad de aguas residuales. Cada día se produce una media de 10.500 millones de litros de orina que para ser gestionados adecuadamente antes de ser evacuados al medio, es necesario invertir una parte importante de la demanda energética mundial con los costes económicos y medioambientales que esto representa.

Delante de esta situación la sociedad afronta el desafío de buscar nuevas alternativas que puedan satisfacer las necesidades energéticas existentes y que al mismo tiempo sean respetuosas con el medio ambiente.

Entre las tecnologías más novedosas encontramos aquella dirigida a aprovechar la energía almacenada en la materia orgánica de los residuos con la finalidad de producir energía eléctrica a través de reacciones catalizadas por microorganismos. Es decir, la actividad metabólica de los microorganismos y particularmente de las bacterias electrogénicas puede ser usada para generar electricidad.

Este proceso se desarrolla en las llamadas celdas de combustible microbianas (MFC). Se basa en el uso de los microorganismos para oxidar el combustible (materia orgánica) y transferir los electrones resultantes de esta reacción a un ánodo conectado a un circuito eléctrico.

## OBJETIVOS Y MÉTODO

Teniendo en cuenta esta capacidad de las MFCs se consideró interesante enfocar el proyecto a la producción de electricidad a partir de orina.

El objetivo general del proyecto fue construir y analizar la eficiencia de una celda de combustible microbiana en producción de electricidad a partir de orina y así poder evaluar diferentes parámetros influyentes en su funcionamiento para mejorar su rendimiento.

Con los conocimientos teóricos adquiridos después de una amplia búsqueda bibliográfica para conocer a fondo las características de las MFCs se fabricó una primera celda de manera casera a base de orina para comprobar su funcionamiento y viabilidad (**Experimento nº 1**). El diseño elegido fue el correspondiente a una celda de combustible microbiana de dos cámaras en forma de H



con un puente salino a base de agar y NaCl que hacía la función de membrana semipermeable.

Se comprobó su funcionamiento mediante un voltímetro digital conectado a un ordenador que obtenía y registraba los datos de voltaje a tiempo real durante todo el experimento.

Los electrodos del ánodo y del cátodo eran de fibra de carbono. Generalmente en el cátodo se utiliza un catalizador a base de platino para acelerar la reacción. Por motivos económicos no se utilizó en este estudio.

Como inóculo de bacterias se usó barro procedente del lecho de un río. Esto nos dio un cultivo mixto donde había una mezcla de microorganismos aerobios y anaerobios. Las bacterias electrogénicas son anaeróbicas por lo que para facilitar su crecimiento se debe evitar la presencia de oxígeno en el recipiente del ánodo. Éste debe estar herméticamente cerrado.

Como católito se usó agua potable. Añadimos 120 g de sal común para aumentar la conductividad y ayudar a los iones hidrógeno a reducirse con el oxígeno.

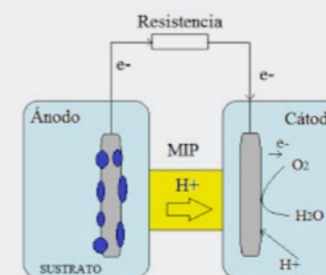
La cámara del cátodo estaba aireada mediante una bomba de aire para aumentar la concentración de oxígeno y facilitar así la reacción. El oxígeno es el aceptor de electrones más adecuado para las MFCs. debido a su alto potencial de oxidación, su disponibilidad y su bajo coste además del hecho de que el residuo que forma como producto es agua. La temperatura de operación era a temperatura ambiente.

La variable controlada en este experimento era el voltaje. El experimento tuvo una duración de 2 semanas y se medía el voltaje cada 30 minutos. Este resultado fue registrado y comparando para determinar la producción de electricidad y cómo ésta evolucionaba en el tiempo. La intensidad fue calculada a partir de la Ley de Ohm ( $V=I \cdot R$ ), también se calculó la densidad de potencia en  $mW/cm^2$  mediante la fórmula  $P=I \cdot V$ .

Figura 01.

Esquema del diseño de la celda utilizada en este experimento.

Fuente: Romero Ramayo, M. F.





A partir de esta primera celda inicial (**Experimento nº 1: Funcionamiento de la celda inicial**) se realizaron otros experimentos para estudiar diversos factores:

#### EXPERIMENTO Nº 2: AIREACIÓN DEL CÁTODO

Cuando la celda inicial presentó un estado estacionario se realizaron 3 paradas de la bomba de aire de 2 horas de duración para determinar si presentaba un descenso del voltaje.

#### EXPERIMENTO Nº 3: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA

Para determinar la resistencia interna óptima que diese mayor densidad de potencia se conectó el ánodo y el cátodo mediante resistencias externas variadas: 10, 100, 220, 470, 1000, 2200, 4700, 22000, 47000 y 100000 ohms. Se midió el voltaje y se calculó la intensidad y la potencia mediante fórmulas.

#### EXPERIMENTO Nº 4: MATERIAL DEL ELECTRODO DEL ÁNODO

En este estudio se compararon 11 materiales: cobre, cinc, hierro, aluminio, plomo, barra de grafito, placa de grafito, plata, acero inoxidable, fieltro de carbono y tela de carbono como electrodos del ánodo. Para ello se construyeron 11 celdas de una sola cámara y se controló manualmente el voltaje cada 3 horas durante 3 días.

#### EXPERIMENTO Nº 5: CONEXIÓN EN SERIE DE VARIAS CELDAS

Se conectaron en serie las 11 celdas anteriores y se valoró el voltaje.

#### EXPERIMENTO Nº 6: OBSERVACIÓN Y VALORACIÓN DE LAS BACTERIAS EN EL ÁNODO

Se estudió el biofilm presente en la superficie de los 11 electrodos utilizados en el experimento nº4 para determinar la existencia de bacterias, la cantidad y las características (color, morfología, tamaño...) mediante una tinción de Gram.

#### EXPERIMENTO Nº 7: COMPARACIÓN DE 3 INÓCULOS

Se compararon 3 tipos de material (barro, compost y estiércol) como fuente de bacterias capaces de degradar la materia orgánica y donar los electrones resultantes al circuito de la MFC. Se utilizaron 3 celdas iguales de una sola cámara con los 3 distintos inóculos. El voltaje producido por cada una de ellas se determinó cada 2 horas durante 3 días.

#### EXPERIMENTO Nº 8: EFECTO DEL AUMENTO DE LA SUPERFICIE DEL ÁNODO



En 2 celdas de una única cámara iguales se utilizó como material para el electrodo del ánodo tela de carbono con dimensiones diferentes: 5 cm x 5 cm y 10 cm x 10 cm. Se comprobó manualmente el voltaje mediante un multímetro cada 2 horas durante 3 días.

#### EXPERIMENTO Nº 9: CELDA FINAL

Basándonos en los resultados anteriores se construyó una segunda celda de combustible microbiana de la misma forma que la primera variando sólo aquellos factores que podían mejorar el rendimiento de la misma. Se controló igualmente el voltaje durante todo su período de funcionamiento.

#### EXPERIMENTO Nº 10: CONTROL DEL PH

Se monitorizó el pH de las dos cámaras para estudiar la relación que tiene el pH con la producción de electricidad de la MFC. Se colocó una sonda en cada cámara para poder obtener muestras sin necesidad de abrir el compartimento anaeróbico. El pH se midió mediante un pHímetro digital (pH METER©).

#### EXPERIMENTO Nº 11: VALORACIÓN DEL GRADO DE DEPURACIÓN DE LA ORINA

Para determinar el rendimiento de la celda también se calculó la cantidad de materia orgánica de la orina que fue degradada por los microorganismos. Para ello se midió la Demanda Química de Oxígeno en una muestra inicial y en una final para ver si había variado. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la estación depuradora de aguas residuales de Figueres (Girona) mediante el método de reflujo cerrado.



## SUMARIO DE LOS RESULTADOS DE LOS DIFERENTES EXPERIMENTOS

| N° | EXPERIMENTO                        | RESULTADO  | ANÁLISIS  |
|----|------------------------------------|--|---|
| 1  | Funcionamiento de la celda inicial | 1,054 mW/cm <sup>2</sup>   | Es posible producir electricidad a partir de orina                                |
| 2  | Aireación del cátodo               | Al parar la bomba baja el voltaje  | Aireando el cátodo se incrementa el voltaje                                       |
| 3  | Resistencia interna                | 1085,92 Ω  | Operando con R <sub>ext</sub> igual a R <sub>int</sub> se consigue máx. potencia  |
| 4  | Material electrodos                | Cinc obtiene voltaje más alto  | Metales dan más voltaje pero materiales de carbono más estabilidad química        |
| 5  | Conexión en serie                  | 1496 mV  | Conectado en serie las celdas suman los voltajes                                  |
| 6  | Observación microorganismos        | Cinc y Fieltro: se observan más bacterias                                    | Bacterias muy variadas. Bacilos gram negativos más abundantes                     |
| 7  | Inóculos                           | Barro: voltaje más estable   | Inóculos mixtos dan mejor resultado   |
| 8  | Aumento superficie ánodo           | 5x5cm=0,0863 mW/cm <sup>2</sup><br>10x10=0,0462 mW/cm <sup>2</sup>           | Aumentar la superficie aumenta el voltaje pero disminuye la densidad de potencia. |
| 9  | Celda final                        | 12,029 mW/cm <sup>2</sup>  | Mejorando algunos factores se consigue mejorar a densidad de potencia 12 veces    |
| 10 | pH                                 | Las dos cámaras mantienen un pH de entre 8 y 9                               | Con la orina, el pH del ánodo no se acidifica                                     |
| 11 | DQO                                | Inicio: 5700 mg O <sub>2</sub> /litro<br>Final: 720 mg O <sub>2</sub> /litro | Se consigue "depurar" mucha materia orgánica de la orina                          |

Tabla 01.

Sumario de los resultados de los diferentes experimentos.

## CONCLUSIONES

Se pudo construir y poner en funcionamiento una celda de combustible microbiana de dos cámaras para recuperar directamente la energía de la materia orgánica contenida en orina.

La producción de energía fue continua durante los días de funcionamiento aunque ésta fue muy baja.

Una MFC no se comporta de la misma manera que una celda de combustible convencional ya que la presencia de microorganismos y sus procesos biológicos influyen en ella. La producción de voltaje se encuentra directamente relacionada con el crecimiento bacteriano.

La presencia de oxígeno en el cátodo favorece la actividad metabólica de las bacterias. Esto se traduce en mayor producción de electricidad. Debemos encontrar nuevas formas de oxigenar el cátodo que no representen un gasto de energía para que el balance energético sea positivo.



Los voltajes de varias celdas conectadas se suman. Para aumentar la potencia a gran escala sería mejor multiplicar el número de celdas que aumentar el tamaño de una sola.

Los materiales de los electrodos deben ser eléctricamente muy conductivos pero al mismo tiempo no deben ser corrosivos. Esto excluye a muchos metales. Los mejores materiales más conductores no siempre son los más adecuados.

Aumentar la superficie del ánodo incrementa la producción de voltaje, pero este aumento no se traduce en un incremento de la densidad de potencia. Todo lo contrario: ésta disminuye. Para aumentar la potencia es mejor miniaturizar las celdas.

El hecho de mejorar algunos de los factores influyentes en el rendimiento de las celdas tiene resultados muy positivos consiguiendo una mejoría notable. Esto nos insta a seguir estudiando estos factores para optimizarlas y conseguir valores más altos de electricidad. Como ya hemos dicho, es una generación de energía baja pero continuada en el tiempo y mientras haya materia orgánica en el sustrato para consumir esta reacción no se detiene.

Queda mucho camino por recorrer. Debemos seguir explorando las ventajas y superar las limitaciones de estos sistemas para que representen una opción viable a escala industrial. El mayor reto es que al escalar las MFCs también incrementen proporcionalmente la potencia producida. Deberíamos concentrar esfuerzos para seguir investigando nuevos diseños y materiales y entender mejor las interacciones con los microorganismos y los electrodos para construir MFCs más eficaces.

La orina representa un buen sustrato para las MFCs ya que no acidifica la cámara anódica.

La orina es un sustrato muy interesante que contiene un amplio abanico de nutrientes y compuestos orgánicos que se pueden utilizar en una MFC. Al implementarlas en plantas de tratamiento de aguas residuales se podría sacar ventaja del ahorro de energía en la depuración de las aguas simultáneamente a la pequeña producción de electricidad. Esto da un balance positivo muy interesante.

De hecho, actualmente varios grupos de investigación de diversas universidades del mundo están trabajando en esta línea para utilizar la actividad metabólica de los microorganismos con fines energéticos y a la vez degradar la materia orgánica de las aguas residuales dando como producto agua.



## BIBLIOGRAFIA

- BAJRACHARYA, S. et al. "An overview on emerging bioelectrochemical systems." *Renewable Energy*, 2016: 153-170.
- DONOVAN, C. et al. "Sediment microbial fuel cell powering a submersible ultrasonic reciver." *Journal of Power Sources*, 2013: 79-85.
- ESTEVE-NUÑEZ, A. «Bacterias productoras de electricidad.» *SEM Actualidad*, 2008: 34-39.
- FAN, L.P, LI, J.J. "Overviews on internal resistance and its." *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, 2016: vol 10.
- GAJDA, I., GREENMAN, J., IEROPOULOS, I. A. "Recent advances in real-world microbial fuel cells applications." *ScienceDirect*, 2018: 78-83.
- GONZÁLEZ DEL CAMPO, A. «Valorización energética y tratamiento de efluentes mediante celdas de combustible microbianas.» *Tesis Doctoral Universidad Castilla-La Mancha*, 2015.
- LOGAN, B. E. et al. "Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology." *Environmental Science & Technology*, 2006: 5181-5192.
- LOVLEY, D.R. "Electromicrobiology." *Annual Review of Microbiology*, 2012: 391-409.
- MIN, B. et al. "Electricity generation from swine wastewater using microbial fuel cells." *Water Res.*, 2005: 39:4961-4968.
- PUIG, S., SERRA, M., COMA, M. CABRÉ, M. BALAGUER, M. D., COLPRIM, J. «Effect of pH on Nutrient Dynamics and Electricity Production Using Microbial Fuel Cells.» *Bioresour Technol*, 2010: 9504-9500.
- RABAEY, K., ANGENENT, L., SCHRÖRDER, U. "Bioelectrochemical Systems." *IWA Publishing*, 2010: 524.
- REDONDO, J. J. «Microorganismos Electrogénicos: Células de Combustible Microbianas.» Alcalá: Facultad de Ciencias, 2018.
- SANTORO, C. et al. "Urine in Bioelectrochemical Systems: An Overall Review". *Chemelectrochem* 2020: 1312-1331.

## FOTOGRAFÍAS TOMADAS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO



Preparación del puente salino 1



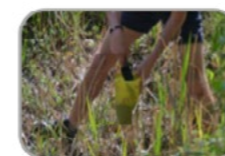
Preparación del puente salino 2



Cámaras de la celda microbiana



Recogida de barro para inóculo 1



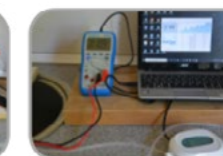
Recogida de barro para inóculo



Electrodo ánodo y cátodo



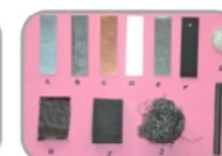
Cámara anaeróbica con orina y aeróbica con agua



Multímetro conectado al PC



Montaje celda inicial



11 materiales para electrodo. Exp n°4



Materiales enterrados en el barro durante 8 días. Exp n° 4



Celdas de una sola cámara. Exp n°4



Multímetro



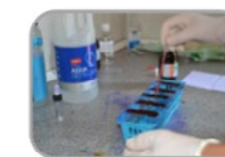
Aplicación DMMTool



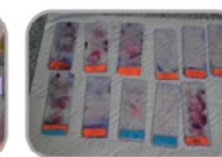
Electrodo de cobre, corrosión



Electrodo de hierro, corrosión



Tinción de Gram



Portaobjetos con las muestras



Observación en microscopio



Conexión en serie de 11 celdas



3 inóculos diferentes: estiércol, compost y barro



Electrodos ánodo de diferente tamaño



Montaje celda final



Control de pH





## Somos masa o energía

---

/ ACCÉSIT

**AUTORES** | MANUEL ESTEBAN BARTOLOMÉ, MELQUÍADES GÁLVEZ MARTINI  
Y HELENA DE LA FLOR PARRA

**COORDINADOR** | JOSÉ ALFONSO SEQUÍ CASTELLANO

**CENTRO** | IES LA FLOTA

**CIUDAD** | MURCIA

### RESUMEN |

La masa es una propiedad intrínseca de la materia muy importante para la comprensión de nuestro universo, pero que aún está rodeada de muchas incógnitas por resolver. En este trabajo, relacionando la teoría de la relatividad de Einstein y el reciente descubrimiento del bosón de Higgs, se va dar respuesta a qué porcentaje de la masa de las distintas partículas subatómicas y elementos es consecuencia de la interacción con el campo de Higgs, y cual es consecuencia de la fluctuación de la energía entre dichas partículas.

### ABSTRACT |

The mass is an intrinsic property of matter very important for the understanding of our universe, but which is still surrounded by many unknowns to be resolved. In this project, related with Einstein's theory of relativity and the recent discovery of the Higgs boson, it will be given an answer to what percentage of the different subatomic particles and elements is a consequence of the interaction with the Higgs field, and which is a consequence of the fluctuation of energy between the said particles.



## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos más grandes a los que se ha enfrentado la humanidad desde la antigüedad ha sido la masa, explicar su origen y tratar de hallar una definición universal para este concepto que hoy en día sigue siendo un reto para la física moderna. La masa es una propiedad intrínseca de la materia fundamental para comprender el universo tal y como lo hacemos actualmente. Si bien en la actualidad hay diferentes formas de entender qué es la masa, la primera definición de la misma se remonta al siglo XVII, cuando es mencionada por primera vez en la segunda ley de Newton. Según esta ley, que hoy en día sigue siendo uno de los fundamentos de la física no relativista, la fuerza necesaria para imprimir una aceleración dada a un cuerpo es directamente proporcional a la masa del mismo (Fernández & Coronado, 2021; Tipler & Mosca, 2010). Pero la importancia de la masa va mucho más allá. Los estudios del siglo XX realizados por Albert Einstein sobre la relatividad general, relacionaron directamente la masa con la energía (Tipler & Mosca, 2010). Como resultado, se extrae la conclusión de que la masa es una expresión de la energía y que por tanto, sin energía no existiría la materia. La presencia de la masa es tan relevante que tradicionalmente en química, para que un cuerpo esté catalogado como materia, debe poseer una masa y ocupar un volumen en el espacio (Petrucci et al., 2011).

Una vez entendido por qué la masa es tan fundamental para la comprensión del universo, la humanidad se hace la siguiente pregunta: ¿cuál es el origen de la masa? Como se explicará más detalladamente a lo largo de este trabajo, en 1964 se predijo de forma teórica (Higgs, 1964) y en 2012 se descubrió de forma experimental gracias a la colaboración de numerosos científicos y del CERN (Aad et al., 2012; Chatrchyan et al., 2012), una nueva partícula conocida como bosón de Higgs (Tipler & Mosca, 2010). Esta partícula es la que dota de masa a todas las partículas fundamentales al interactuar con su campo, el campo de Higgs. Entonces, ¿resuelve el descubrimiento del bosón de Higgs todos los misterios que rodean a la existencia de la masa? La física moderna es mucho más compleja, y si bien el descubrimiento de esta partícula puede llegar a explicar la presencia de la masa en muchos aspectos de nuestra vida cotidiana, lo cierto es que la mayor parte de los enigmas de la física de partículas o de la cosmología, como son la materia oscura o la energía oscura, están relacionadas con la masa, lo que demuestra que aún queda mucho camino por recorrer en la comprensión e interpretación de esta propiedad (Verde, 2021).

En este trabajo se va a dar respuesta a una de estas preguntas: ¿cuál es el origen de nuestra masa, la masa de nuestros átomos? Como ya se ha mencionado previamente, Einstein descubrió que la energía se puede transformar en masa y viceversa, pero el descubrimiento del bosón de Higgs nos indica que parte de la masa de un cuerpo es resultado de la interacción de sus partículas fundamentales con el campo propio de esta partícula. A continuación se va a exponer una serie de datos que darán una explicación acerca de qué porcentaje de la materia que nos rodea, protones, neutrones y los átomos que estos forman; es



producida por el campo de Higgs y cuál de ella es resultado del intercambio de energía entre partículas.

## 2. ANTECEDENTES

A continuación se describirán brevemente los conocimientos previos necesarios para comprender la relevancia del bosón de Higgs, así como su lugar en la estructura de la materia.

### 2.1. ESTRUCTURA DE LA MATERIA

A lo largo de la historia, la curiosidad del ser humano por conocer el mundo que le rodea ha hecho que las preguntas de ¿qué es el universo? y ¿de qué está compuesto? hayan sido y todavía sean unas de las grandes preguntas de la humanidad. Así, primero a través de la filosofía y posteriormente mediante la ciencia, el ser humano sigue intentando encontrar una explicación a la composición del universo. En esta sección se va a describir la evolución de los modelos atómicos, con la ayuda de (Aller González, 2016; Levine, 2001; Petrucci et al., 2011).

#### 2.1.1. EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS ATÓMICOS

El primer modelo atómico se remonta a la antigua Grecia, origen de la filosofía occidental, alrededor del 450 a.C. Fue propuesto por el filósofo Demócrito y su mentor Leucipo, que desarrollaron la “teoría atómica del universo”. Fueron los primeros en defender que la materia estaba formada por átomos, en griego “sin división”, partículas indivisibles, homogéneas, incompresibles e invisibles, que difieren en forma y tamaño, pero no en sus cualidades internas. Según se agrupaban estos átomos, la materia tenía diferentes propiedades. Años más tarde, hacia el 600 a.C. sería Aristóteles quien enunciaría su propia teoría sobre la composición de la materia, la teoría de los 4 elementos. Según Aristóteles, la combinación de los cuatro elementos básicos (aire, tierra, agua y fuego) darían lugar a toda la materia existente, sumando un quinto elemento (éter) para la materia celestial. Esta teoría sería aceptada globalmente durante más de 2000 años.

En el año 1808, John Dalton propuso una nueva teoría basándose en las hipótesis de Demócrito, recuperando el concepto de átomo. Dalton defendió que los elementos estaban formados por átomos idénticos en tamaño, masa y propiedades y que los átomos de cada elemento eran diferentes del resto de elementos. Como consecuencia, los compuestos son el resultado de combinar átomos de diferentes elementos. Los resultados más importantes de la teoría atómica de Dalton fueron explicar la ley de conservación de la masa de Lavoisier estableciendo que en una reacción química los átomos no se crean ni se destruyen, sino que se reagrupan, y la ley de proporciones múltiples, que indica que los átomos en un compuesto solo se pueden combinar siguiendo una proporción de masa definida.



Aunque el modelo de Dalton no era capaz de explicar algunos fenómenos como la electricidad, tuvo gran peso en la comunidad científica al ser el primero que contó con una base experimental que demostraba la existencia de dichos átomos. No fue hasta 1897 cuando esta teoría se puso en duda debido a la demostración de Joseph John Thomson de la existencia de unas partículas más pequeñas que se encontraban en el interior del átomo, los electrones. Mediante la experimentación con tubos de rayos catódicos, Thomson descubrió estas partículas mucho más pequeñas que el átomo y con una carga eléctrica negativa. Así Thomson enuncia su propia teoría atómica (año 1900) en la que afirma que el átomo es una esfera con una densidad muy baja, en la que se encuentra casi toda la masa del átomo, que está cargada positivamente y donde están incrustados los electrones. Al tener una carga eléctrica negativa, los electrones hacen al átomo neutro. Gracias a ese modelo se pudieron explicar conceptos como la electricidad estática y la formación de iones.

El modelo de Thomson estaría vigente por poco tiempo, pues en pocos años se encontraron nuevas evidencias científicas que lo desbancaban. El descubrimiento de la radioactividad en 1896 permitió a Ernest Rutherford experimentar con partículas alfa (núcleos de helio) a través de una fina lámina de oro, obteniendo como resultado el descubrimiento del núcleo atómico en 1911. Según Rutherford, el átomo se dividía en dos zonas. Una de ellas era el núcleo, situado en el centro del átomo, con una carga eléctrica positiva y una gran densidad al reunir casi toda la masa del átomo en un volumen muy reducido. Por otro lado estaba la zona extranuclear, mucho más grande que el núcleo, con una baja densidad, donde se hallaban los electrones previamente descubiertos por Thomson girando alrededor del núcleo. A pesar de ser la hipótesis más acertada hasta el momento, este modelo era incapaz de explicar cómo los átomos absorben o emiten energía, además de ser incompatible con las ya bien conocidas en ese momento leyes del electromagnetismo, que postulan que una partícula cargada que gira emite energía, lo que desemboca en el colapso del átomo de Rutherford.

### 2.1.II. FÍSICA CUÁNTICA

Paralelamente a la evolución de los modelos atómicos, se estaba gestando una revolución en la física. En el año 1900 Max Planck propuso una hipótesis en la que los cuerpos emiten o absorben energía en formas de pequeñas unidades de energía llamados “cuantos”. En 1905 Einstein demuestra en su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico que esta energía viene dada por la frecuencia de la radiación multiplicada por la constante de Planck ( $h$ , que es una constante universal), hablando por primera vez del fotón y su energía:

**Ec. 1:**  $E = h \cdot \nu$ , donde  $\nu$  es la frecuencia de la radiación y  $h$  la constante de Planck.

Este hecho junto con el descubrimiento de que los átomos son capaces de emi-



tir o absorber radiación electromagnética al ser estimulados, son la clave para el primer modelo atómico cuántico. Niels Bohr propone un nuevo modelo atómico (1913) en el que los electrones se sitúan en orbitales con una energía y una distancia al núcleo atómico perfectamente definida. En estas órbitas, los electrones no radian energía debido al giro tal y como establecen las leyes del electromagnetismo, por lo que se soluciona el principal escollo de la teoría atómica de Rutherford. Además, Bohr consigue explicar la emisión y absorción electromagnética mediante el mecanismo de que los electrones pueden “saltar” entre orbitales absorbiendo o emitiendo un cuanto de radiación electromagnética (fotones) de energía igual a la diferencia de energía entre ambas órbitas.

**Ec. 2:**  $E_{\text{orbital superior}} - E_{\text{inferior}} = h \cdot \nu$ , donde  $\nu$  es la frecuencia del fotón emitido,  $h$  la constante de Planck y  $E$  las energías de los respectivos orbitales.

El principal problema del modelo de Bohr consistía en que seguía siendo un modelo basado en la física clásica con un principio prestado, la cuantización, de la incipiente mecánica cuántica. Con la intención de dotar de mayor coherencia al modelo, Luis de Broglie enuncia el principio de dualidad onda-corpúsculo (1923), dotando de una explicación física la aparición de la cuantización en los electrones, pues éstos llevan asociada una onda regida por la ecuación:

**Ec. 3:**  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ , donde  $h$  es la constante de Planck,  $\lambda$  la longitud de onda asociada a la partícula y  $m$  y  $v$  su masa y velocidad respectivamente.

Así mismo, el físico Werner Heisenberg enunciaría otro principio clave de la mecánica cuántica: el principio de incertidumbre de Heisenberg (1927). Éste indica que es imposible conocer la velocidad y la trayectoria de una partícula subatómica simultáneamente, y que cuanto más se conoce de una característica, más se ignora de la otra. Este principio se resume en una ecuación en la que aparecen los términos  $\Delta p$  y  $\Delta x$ , que son el error de medida del momento lineal (y por tanto de la velocidad de la partícula, suponiendo masa constante) y el error de medida de la posición de la partícula respectivamente. Así, si hay un alto valor de  $\Delta x$ , no se conocerá con exactitud la posición de la partícula pero será posible tener un conocimiento preciso de su momento o velocidad, y viceversa.

**Ec. 4:**  $\Delta p \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2}$ , donde  $\Delta p$  es el error de medida del momento lineal,  $\Delta x$  es el error de medida de la posición de la partícula y  $h$  es la constante de Planck.

El principio de incertidumbre de Heisenberg junto a la dualidad onda-corpúsculo de De Broglie dan lugar al modelo mecano-cuántico, que enuncia que los electrones se encuentran en orbitales en los que ocupan posiciones más o menos probables, pero sin poder predecirse su posición ni velocidad con total exactitud. Además, en este modelo se describe a los electrones como ondas. La probabilidad de encontrarlos en una región determinada dentro del átomo viene dada por el cuadrado de la función de onda (Tipler & Mosca, 2010).



## 2.2. TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

Otro hito que marcaría la física del s. XX sería el enunciado de la teoría de la relatividad, desarrollada en 1915 por Albert Einstein. Los resultados principales de esta teoría, ampliamente descrita en la bibliografía (ver por ejemplo (Tipler & Mosca, 2010)) fueron:

- La velocidad de la luz en el vacío es la máxima velocidad a la que se puede desplazar cualquier tipo de materia o evento.
- Sólo los cuerpos sin masa pueden desplazarse a la velocidad de la luz.
- Explica y unifica los efectos predichos por Lorentz de dilatación temporal y contracción de la longitud.
- Establece una equivalencia entre la masa y la energía, que en su representación más conocida se expresa como:

**Ec. 5:**  $E = m \cdot c^2$  siendo  $E$  la energía,  $m$  la masa en reposo y  $c$  la velocidad de la luz en el vacío.

- Redefine la gravedad Newtoniana, tal que la gravedad es en realidad una curvatura del espacio-tiempo debida a la presencia de una masa, que distorsiona este plano.

Así, sentadas las bases de la física moderna, daría lugar al nacimiento de la mecánica cuántica de campos. Ésta combina la mecánica cuántica desarrollada entre otros por Heisenberg, De Broglie, etc. y los efectos relativistas de Einstein, siendo de especial relevancia como se verá más adelante la equivalencia entre masa y energía.

## 2.3. PARTÍCULAS SUBATÓMICAS: EL MODELO ESTÁNDAR

El modelo estándar, desarrollado a partir de los postulados de la mecánica cuántica de campos, que como se ha mencionado anteriormente combina la mecánica cuántica con la teoría de la relatividad, es el modelo vigente que explica la composición fundamental de la materia.

Según el modelo estándar, existen 2 tipos de partículas atendiendo a una característica conocida como espín, que permite clasificarlas en fermiones (con espín semientero, y sujetas al principio de exclusión de Pauli (Tipler & Mosca, 2010)) y bosones (con espín entero). Así, hay 12 fermiones que son las partículas materiales elementales a partir de las cuales se forma toda la materia existente, además de sus respectivas antipartículas. Estas partículas se pueden a su vez dividir en dos grupos: quarks y leptones, cuya principal diferencia es que los quarks siempre aparecerán agrupados y los leptones de forma individual. Además, se clasifican en tres familias o generaciones cuya principal diferencia es la masa o energía de cada una de ellas, y están formadas por dos quarks, un electrón y su correspondiente neutrino (véase la figura 1).

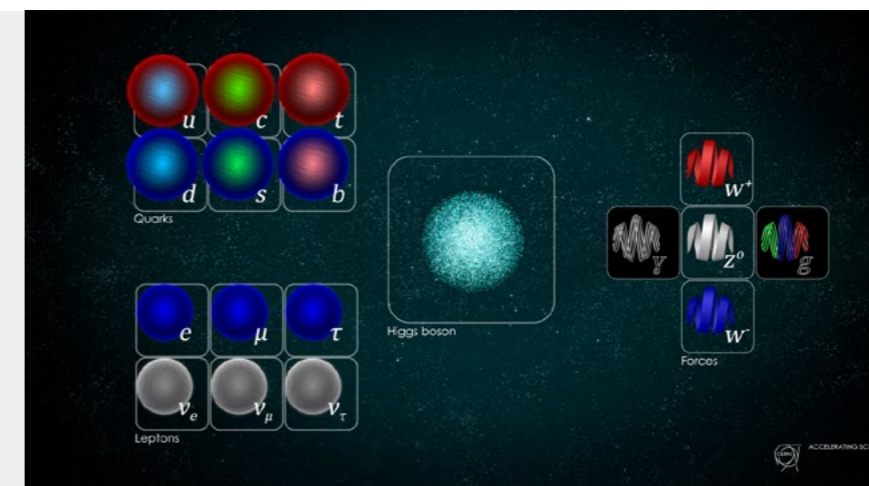


De las 12 partículas, sólo aquellas que componen la primera familia son estables y por lo tanto son las que componen toda la materia. A pesar de que se desconocen las masas exactas de los neutrinos, se sabe que todas las partículas elementales poseen masa, mientras que solo 9 de ellas tienen carga (los neutrinos tienen carga nula). Los quarks se agrupan formando hadrones, partículas sensibles a la fuerza nuclear fuerte (una de las 4 fuerzas fundamentales del universo, ver (Tipler & Mosca, 2010)). La agrupación de 3 quarks se conoce como bariones. Es el caso de los neutrones, formados por un quark u y dos quarks d, y los protones, formados por dos quarks u y un quark d. Los quarks también se pueden agrupar en parejas con sus respectivas antipartículas (antiquarks), formando mesones.

A parte de los quarks y leptones, el modelo estándar incluye partículas mediadoras de las fuerzas llamadas bosones, que reciben este nombre ya que siguen la estadística de Bose-Einstein al tener espín entero.

Tabla 01.

Partículas del modelo estándar, agrupadas por tipo (indicado en inglés en la figura quarks, leptones y bosón de Higgs). En la imagen, el grupo "Forces" ("Fuerzas") hace referencia a los bosones mediadores de las cuatro fuerzas fundamentales (Tipler & Mosca, 2010). Quarks y leptones agrupados por familias (columnas). Imagen extraída de (CERN, 2021).



Los bosones son: el fotón, el gluón, los bosones W y Z, a cada uno de estos bosones corresponde una fuerza fundamental (Tipler & Mosca, 2010). El bosón de la interacción electromagnética es el fotón, el de la fuerza nuclear fuerte es el gluón y los de la fuerza débil son los bosones W y Z. Por último, está el bosón de Higgs que es el responsable de dotar de masa a todas las partículas fundamentales, del que se hablará en el siguiente punto con más detalle.

## 2.4. EL BOSÓN DE HIGGS

El bosón de Higgs, apodado por algunos como "la partícula de Dios", a diferencia del resto de bosones no es la partícula intermediaria de una fuerza, sino la que dota de masa al resto de partículas fundamentales. El concepto de esta partícula aparece en 1964, cuando Peter Higgs propuso de manera teórica su

existencia. Para confirmar su existencia tendrían que pasar más de 50 años, y construirse el experimento más grande de la historia. En 2012, el CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear) tras numerosos intentos, descubrió una partícula que coincidía con las características del bosón de Higgs (Aad et al., 2012; Chatrchyan et al., 2012).

Para explicar el origen de la masa, Peter Higgs postuló en 1964 la teoría de la existencia de un mecanismo conocido como el campo de Higgs, que predice la existencia del bosón de Higgs (Higgs, 1964). Para comprender mejor cómo funciona este campo de Higgs, se puede realizar una analogía en la que la masa sería el resultado de la fricción de las partículas fundamentales con el campo de Higgs, que estaría formado por incontables bosones de Higgs a lo largo del universo, por lo que las partículas con una mayor fricción en el campo de Higgs tendrían una masa mayor.

El descubrimiento del bosón de Higgs es considerado uno de los grandes hitos de la física del s. XXI, pues responde a una de las preguntas fundamentales de la física, el origen de la masa de las partículas fundamentales. La relevancia de este descubrimiento se tradujo en la concesión del premio Nobel de Física para Higgs y Englert, así como el premio Príncipe de Asturias a los dos mencionados autores y al CERN, por su papel en el descubrimiento (Fundación Princesa de Asturias, 2013; Nobel, 2013).

### 3. RESULTADOS

Tras el descubrimiento del bosón de Higgs, se comenzó a extender la errónea idea de que éste constituía la masa de toda la materia del universo. Titulares como "La 'partícula de Dios' que explica cómo se forma la materia", afirmaban que "esta partícula explica cómo la materia obtiene su masa en el Universo" (Corral, 2012). Actualmente se conoce que una parte de la masa de los elementos es resultado de la interacción de sus partículas con el campo de Higgs, mientras que otra parte es resultado de la energía que fluctúa entre ellas. En los siguientes puntos comprobaremos matemáticamente esta afirmación.

#### 3.1. MASA DE LAS PARTÍCULAS FUNDAMENTALES

Como se ha mencionado en el apartado 2.4, el bosón de Higgs dota de masa a las partículas fundamentales del modelo estándar. Las masas de las partículas del modelo estándar, medidas por convenio en eV/c<sup>2</sup> (electrón-voltio entre la velocidad de la luz al cuadrado, c<sup>2</sup>, usando la mencionada fórmula E=m·c<sup>2</sup> de la teoría de la Relatividad explicada en el capítulo 2.2), son (Group, 2020):

Un electrón-voltio (eV) es la unidad de energía usada más habitual en la escala atómica, ya que en esta escala la cantidad de energía es muy pequeña para medirla con la unidad del Sistema Internacional. Así, se puede deducir la equivalencia entre el electrón-voltio y la unidad de masa atómica:

Tabla 01.

Masa de las partículas fundamentales del modelo estándar, expresada en eV/c<sup>2</sup>. Cada partícula se representa con el símbolo introducido en la figura 1. Quarks y leptones agrupados por familias (columnas). Datos extraídos de (Group, 2020).

| Familia 1                              | Familia 2                  | Familia 3                 | Bosones                     |
|--|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| u<br>2.16·10 <sup>6</sup>              | c<br>1.27·10 <sup>6</sup>  | t<br>1.73·10 <sup>8</sup> | g<br>0                      |
| d<br>4.67·10 <sup>6</sup>              | s<br>9.30·10 <sup>7</sup>  | b<br>4.18·10 <sup>8</sup> | γ<br>< 1·10 <sup>-18</sup>  |
| e<br>5.10·10 <sup>6</sup>              | μ<br>1.056·10 <sup>8</sup> | τ<br>1.77·10 <sup>9</sup> | Z<br>9.118·10 <sup>10</sup> |
| ν <sub>e</sub><br>< 3·10 <sup>-5</sup> | ν <sub>μ</sub><br>< 0.15   | ν <sub>τ</sub><br>< 90    | W<br>8.037·10 <sup>10</sup> |
|  |                            |                           | H<br>1.25·10 <sup>11</sup>  |

$$\text{Ec. 6: } 10^9 \text{ eV}/c^2 = 1.072u$$

Es importante mencionar que todas las partículas fundamentales adquieren el 100% de su masa debido a la interacción de las mismas con el campo de Higgs, por lo que su masa se podrá considerar netamente "masa de Higgs", es decir, producida por este campo y sin ninguna componente energética.

#### 3.2. MASA DE LAS PARTÍCULAS SUBATÓMICAS

Las partículas subatómicas básicas son el electrón, el protón y el neutrón. Los protones y neutrones están compuestos por quarks, en concreto, por dos quarks u y un quark d en el caso del protón y por un quark u y dos quarks d en el caso del neutrón (Tipler & Mosca, 2010). Teniendo esto en cuenta, si toda la masa de protones y neutrones fuera consecuencia de la interacción de sus partículas fundamentales con el campo de Higgs (es decir, "masa de Higgs"), se podría calcular su masa como la suma de la masa de los quarks que los componen. Se va a poner a prueba esta hipótesis teniendo en cuenta la masa experimental del protón y el neutrón (Group, 2020). Realizando un cálculo sencillo se puede comprobar que se rechaza la hipótesis, pues:

$$\text{Ec. 7: } \begin{aligned} m_{\text{protón}}^{\text{Higgs}} &= 2 \cdot m_{\text{quark u}} + m_{\text{quark d}} = 8.99 \text{ MeV}/c^2 \ll m_{\text{protón}}^{\text{experimental}} = 938.27 \text{ MeV}/c^2 \\ m_{\text{neutrón}}^{\text{Higgs}} &= m_{\text{quark u}} + 2 \cdot m_{\text{quark d}} = 11.50 \text{ MeV}/c^2 \ll m_{\text{neutrón}}^{\text{experimental}} = 939.57 \text{ MeV}/c^2 \end{aligned}$$

Se comprueba que existe una gran diferencia entre el valor experimental de la masa y la masa producto de la interacción con el campo de Higgs. Esto es debido a que no toda la masa de las partículas viene de la interacción con el campo de Higgs, sino que gran parte de la masa viene de la energía interna de las partículas, ya que como se ha mencionado varias veces en este trabajo, Einstein estableció la equivalencia entre masa y energía con la conocida expresión E=m·c<sup>2</sup>. Por tanto, se puede saber el porcentaje de la masa debido a la interacción con el campo de Higgs y el porcentaje de masa proveniente de la energía, que en este caso será la energía debida al enlace de los quarks, es decir, se corresponderá con la interacción nuclear fuerte (Petrucci et al., 2011; Tipler & Mosca, 2010).



Así, se deduce que la masa producida por la interacción con el campo de Higgs en los protones y neutrones está alrededor del 1% dejando el 99% de la masa achacable a la energía. De esta forma se clasifica, tal y como se observa en la tabla 2, la masa de las partículas en función de su origen, denominando masa de Higgs a la masa debida a las partículas fundamentales que las componen (puesto que el total de su masa se corresponde con la interacción de las mismas con el campo de Higgs, tal y como se ha explicado en las secciones anteriores) y masa energética a la masa restante de la partícula, que vendrá dada por la fórmula de Einstein  $E=mc^2$  explicada anteriormente y será fruto del balance de la fuerza nuclear fuerte, mediada por los gluones (Petrucci et al., 2011; Tipler & Mosca, 2010).

Tabla 02.

Masa total, masa de Higgs y masa energética de las partículas subatómicas básicas, expresada en MeV/c<sup>2</sup>, calculada a partir de los datos de la tabla 1. Se incluye el porcentaje de cada tipo de masa en la masa total.

| PARTÍCULA | MASA TOTAL (MEV/C <sup>2</sup> ) | MASA DE HIGGS (MEV/C <sup>2</sup> ) | MASA ENERGÉTICA (MEV/C <sup>2</sup> ) | % MASA DE HIGGS | % MASA ENERGÉTICA |
|-----------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Protón    | 938.27                           | 8.99                                | 929.28                                | 0.96            | 99.04             |
| Neutrón   | 939.57                           | 11.50                               | 928.07                                | 1.22            | 99.04 99.78       |

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha puesto de relieve la cantidad de masa debida a ambos factores, recopilando los datos obtenidos y encontrando el sorprendente dato de que tan solo el 1% de la masa total de las partículas subatómicas es debido al campo de Higgs y el 99% restante proviene de la relación entre masa y energía que hizo Albert Einstein en la relatividad general. Este resultado es coherente con otras publicaciones de mayor complejidad (Wilczek, 2012).

Por tanto, aunque el bosón de Higgs tiene una gran importancia para originar la masa, no es el factor principal a la hora de describir esta magnitud fundamental, como desde se ha hecho ver desde algunas noticias relacionadas con el descubrimiento del bosón de Higgs (Corral, 2012), llevando a que a menudo en la sociedad crea que el bosón de Higgs es la única procedencia de la masa.

#### BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Abdel Khalek, S., Abdelalim, A. A., Abdinov, O., Aben, R., Abi, B., Abolins, M., AbouZeid, O. S., Abramowicz, H., Abreu, H., Acharya, B. S., Adamczyk, L., Adams, D. L., Addy, T. N., Adelman, J., Adomeit, S., ... Zwalinski, L. (2012). Observation of a

new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics*, 716(1), 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2012.08.020>

Aller González, E. (2016). *Physics and Chemistry 4 ESO (2.a ed.)*. Diego Marín Libreros.

CERN. (2021). The Standard Model. [home.cern. https://home.cern/science/physics/standard-model](https://home.cern/science/physics/standard-model)

Chatrchyan, S., Khachatryan, V., Sirunyan, A. M., Tumasyan, A., Adam, W., Aguilo, E., Bergauer, T., Dragicevic, M., Erö, J., Fabjan, C., Friedl, M., Frühwirth, R., Ghete, V. M., Hammer, J., Hoch, M., Hörmann, N., Hrubec, J., Jeitler, M., Kiesenhofer, W., ... Wenman, D. (2012). Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC. *Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics*, 716(1), 30-61. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2012.08.021>

Corral, M. G. (2012). Descubren la «partícula de Dios» que explica cómo se forma la materia. [elmundo.es. https://www.elmundo.es/elmundo/2012/07/04/ciencia/1341398149.html](https://www.elmundo.es/elmundo/2012/07/04/ciencia/1341398149.html)

Fernández, J. L., & Coronado, G. (2021). Segunda Ley de Newton. *FisicaLab*. <https://www.fisicalab.com/apartado/principio-fundamental>

Fundación Princesa de Asturias. (2013). Peter Higgs, François Englert y la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN). [fpa.es. https://www.fpa.es/es/premios-princesa-de-asturias/premiados/2013-peter-higgs-francois-englert-cern.html](https://www.fpa.es/es/premios-princesa-de-asturias/premiados/2013-peter-higgs-francois-englert-cern.html)

Group, P. D. (2020). Review of Particle Physics. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 2020(8), 1-2093. <https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa104>

Higgs, P. W. (1964). Broken symmetries and the masses of gauge bosons. *Physical Review Letters*, 13(16), 508-509. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.13.508>

Levine, I. N. (2001). *Química Cuántica*. Pearson Educación.

Nobel. (2013). The Nobel Prize in Physics 2013. [NobelPrize.org. https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2013/summary/](https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2013/summary/)

Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Blissonnette, C. (2011). *Química General (10.a ed.)*. Pearson Educación.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología (6.a ed.)*. Reverte.

Verde, L. (2021). ¿Qué es la energía oscura? | Las científicas responden | EL PAÍS. [elpais.com. https://elpais.com/ciencia/2021-03-26/que-es-la-energia-oscura.html](https://elpais.com/ciencia/2021-03-26/que-es-la-energia-oscura.html)

Wilczek, F. (2012). Origins of mass. *Central European Journal of Physics*, 10(5), 1021-1037. <https://doi.org/10.2478/s11534-012-0121-0>



## Determinación experimental del parámetro de red de una pluma mediante difracción

/ ACCÉSIT

**AUTORA** | MARÍA MARTÍNEZ PALLARÉS

**COORDINADOR** | JAVIER ANDRÉS BETANZOS GARCÍA

**CENTRO** | IES PRADO MAYOR

**CIUDAD** | TOTANA, MURCIA

### RESUMEN |

Este trabajo presenta el diseño e implementación de una experiencia didáctica que permite estudiar el fenómeno de difracción de la luz a través de una pluma. Las mediciones de la separación entre los máximos brillantes del patrón de difracción originado cuando la pluma es atravesada por un láser han servido, a su vez, para proponer un método que permite caracterizar, de forma cuantitativa, la estructura básica de la pluma mediante la obtención del espaciado entre las barbas y bárbulas de la misma. Además, con el objetivo de que los resultados obtenidos fueran precisos, se ha realizado un calibrado del instrumental utilizado y por último, se ha usado un microscopio óptico para validar las mediciones realizadas con el método de difracción. Los resultados obtenidos por ambos métodos están en excelente acuerdo entre sí y con los datos bibliográficos de trabajos anteriores. Esto convierte a este método en una técnica adecuada y fiable para la caracterización y determinación de los parámetros de red de una rejilla de difracción cualquiera.

**Palabras clave:** Difracción, láser, pluma, red, patrón de difracción.



### ABSTRACT |

This paper presents the design and the implementation of a didactical experience that allows the study of the phenomenon of light diffraction through a feather. The measurements of the separation between the bright maxima of the diffraction pattern, that is originated when the plume is shined with a laser, have been used to propose a method that will enable us to characterise, in a quantitative way, the basic structure of the feather by obtaining the spacing between its barbs and barbules. In order to make sure that the obtained results were accurate, we calibrated the instruments and, finally, we used an optical microscope to confirm the measurements made with the diffraction method were correct. The results obtained by both methods are in excellent agreement with each other and with the bibliographic data of previous works. This makes this method a suitable and reliable technique for the characterisation and determination of the lattice parameters of any diffraction grating.

**Keywords:** Diffraction, laser, feather, lattice, diffraction pattern.



## CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

### INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

Desde la Antigüedad, la escurridiza naturaleza de la luz dio lugar a la que probablemente haya sido la mayor y más duradera controversia de la historia de la ciencia. Tanto los filósofos de la Antigua Grecia como los expertos en mecánica cuántica de la actualidad, han quedado cautivados con las propiedades de la luz y han tratado de desvelar los misterios de una extraña entidad, que, si bien está presente a nuestro alrededor, permaneció latente al entendimiento físico y matemático con propiedades extraordinarias que escapan al sentido común y cuyo completo entendimiento requirió siglos y a las mentes más brillantes de la historia de la física. Este esfuerzo no fue en vano pues permitió comprender fenómenos como la absorción y emisión de fotones en un átomo o la interferencia y difracción de las ondas luminosas

Este último punto es precisamente el objeto de estudio de este trabajo. En 1912, Von Laue concibió la revolucionaria idea de emplear un cristal como rejilla de difracción para los rayos X. Desde entonces, la difracción de rayos X se ha convertido en una valiosa herramienta para estudiar la estructura de cristales y moléculas complejas. Sin embargo, a pesar de su enorme importancia en los ámbitos científicos, las técnicas de difracción de rayos X requieren materiales sofisticados, caros y potencialmente peligrosos, que resultan difíciles de integrar en laboratorios de institutos o universidades. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo el diseño de un simulador de la difracción de rayos X por una pluma.

En efecto, en muchos campos de la ciencia, el diseño de simuladores se ha convertido en una práctica habitual para recrear, de manera controlada y segura, las condiciones de otro experimento cuya ejecución podría resultar muy costosa o compleja. Quizá uno de los ejemplos más conocidos de simulador sea el del túnel de viento, en el que se estudia la eficiencia aerodinámica y la resistencia de aviones y aeronaves. En nuestro caso, el simulador reemplazará la radiación X por otra de menor frecuencia, la luz de un puntero láser, y sustituirá la red tridimensional cristalina por una pluma de gallina. Dado que la luz de un láser y el tejido de la pluma de gallina sufren una interacción de naturaleza muy diferente a la experimentada por los rayos X y el cristal, no será posible estudiar el factor estructural de disposición y ordenación de los átomos, pero sí será posible efectuar una experiencia cuantitativa y cualitativa que permitirá obtener el factor de forma de la difracción y las características esenciales de la estructura de una pluma.

### ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

El primer trabajo que menciona el uso de las plumas como redes de difracción es el realizado por Hugo Pérez García en su artículo (2011): “Difracción



de luz a través de una pluma de ave”. Este estudio, al igual que el nuestro, efectúa medidas cuantitativas del espaciado entre barbas y bárbulas de una pluma. Sin embargo, el trabajo que a continuación se presenta, realiza, además, una calibración del instrumental utilizado y usa un programa informático para analizar y procesar imágenes y datos. Estos cambios y novedades suponen una mejora respecto al trabajo comentado pues permiten obtener mediciones con mayor número de cifras significativas y reducir considerablemente el intervalo de error.

### OBJETIVOS

El objetivo principal de la práctica es realizar un estudio cuantitativo y cualitativo del patrón de difracción originado por una pluma. Así, de igual forma que mediante la difracción de rayos X es posible determinar la disposición y las distancias entre los átomos de una estructura cristalina, esta experiencia cuantitativa tendrá como objetivo determinar la separación entre las barbas y bárbulas de una pluma y con ello, sus características morfológicas esenciales. La experiencia cualitativa, por su parte, permitirá estudiar las diferencias entre los patrones de difracción que se generan con láseres de distinta longitud de onda. Además, para calibrar los punteros láser usados, se utilizará nuevamente el método de difracción y se medirá la longitud de onda de cada uno de ellos haciendo uso de un DVD con un parámetro de red conocido. Por último, se utilizará un microscopio óptico para validar la medición obtenida para las barbas y bárbulas mediante el método de difracción.

## CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

La técnica de recolección de datos empleada se basa en la observación directa del fenómeno de difracción a través de un disco DVD y de plumas de gallina. Para realizar la experiencia, se utilizarán tres punteros láser, uno rojo de  $\lambda=650 \text{ nm}$ , uno verde de  $\lambda=532 \text{ nm}$  y otro azul de  $\lambda=405 \text{ nm}$ .

En la figura 1, se muestra el dispositivo experimental utilizado para realizar la experiencia con la pluma. Este consta, en esencia, de una fuente láser que proyecta una onda monocromática sobre una rejilla de difracción, la pluma, formando al hacerlo un patrón de interferencia en una pantalla distante, en este caso, una puerta sobre la que se ha dispuesto una cartulina negra. El puntero láser se apoya sobre una base fija, un trípode, y se hace incidir su luz de forma perpendicular a la pluma, situada en la parte anterior del trípode y cuyo cálamo se clava en una base de plastilina que garantiza su sujeción.

Entre el trípode y la pantalla de observación, se coloca un soporte, fabricado artesanalmente, que servirá para colocar un teléfono móvil desde el que se tomarán fotos de los patrones de difracción observados en la pantalla. Una vez dispuestos todos los elementos, se rodeará el láser con una goma elástica para mantener presionado el botón que lo enciende y se instalará una cinta métrica

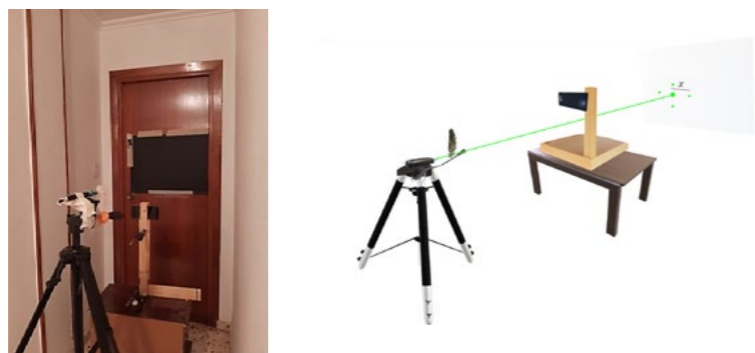




sobre el suelo del pasillo para medir la distancia entre la rejilla de difracción y la pantalla donde se registra el patrón de interferencia.

Figura 01.

Dispositivo experimental para la experiencia con la pluma.



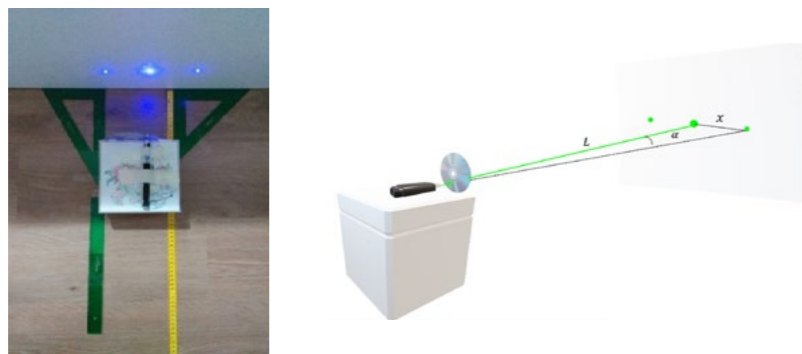
Nota. Dispositivo experimental utilizado en la experiencia con la pluma (izquierda) y una representación esquemática del mismo (derecha).

Para realizar la experiencia de difracción con el DVD no fue posible utilizar el dispositivo experimental previamente detallado debido a la mayor amplitud del patrón de difracción registrado en la pantalla. Por ello, fue necesario disponer los elementos en un espacio reducido con distancias y tamaños menores.

En la figura 2, se muestra el dispositivo experimental utilizado para la experiencia del DVD. Consta, en esencia, de los mismos elementos que el dispositivo utilizado para la pluma: un láser que proyecta una onda monocromática sobre una rejilla de difracción, el DVD, formando al hacerlo un patrón de difracción en una pantalla. El puntero láser se apoya sobre una superficie fija, una caja, y su luz incide de forma perpendicular al disco, que permanece adherido a la parte anterior de la caja. Por último, se encaja el láser en una pinza para mantener presionado el botón de encendido y se instala una cinta métrica para medir la distancia entre el disco y la pantalla donde se registra el patrón de difracción.

Figura 02.

Dispositivo experimental utilizado para la experiencia del DVD.



Nota. Dispositivo experimental utilizado para la experiencia del DVD (izquierda) y una representación esquemática del mismo (derecha) en la que se indica la distancia  $L$  del disco a la pantalla, la separación  $x$  entre los máximos de difracción y el ángulo de desviación  $\alpha$  del primer máximo de difracción.

## FUNDAMENTO TEÓRICO

El fenómeno de difracción consiste en una desviación que sufren las ondas al rodear los bordes de un obstáculo que se interpone en su propagación o al atravesar una o varias aberturas angostas del orden de la longitud de onda de la radiación incidente. Posteriormente, las ondas difractadas interfieren unas con otras originándose regiones de reforzamiento y debilitamiento y dando lugar a los llamados patrones de difracción. Estos están por franjas brillantes, resultantes de la interferencia constructiva entre las ondas difractadas y franjas oscuras, que aparecen como consecuencia de la anulación mutua de las ondas.

En el caso de la luz, es posible visualizar el fenómeno de difracción a simple vista, acercando los dedos índice y pulgar delante de un foco de luz. Al hacerlo, se observan unas líneas oscuras, paralelas a los dedos, que crean la sensación de que los dedos se están tocando, cuando realmente están separados. Estas líneas oscuras son patrones de difracción que origina la luz al pasar por la estrecha abertura que dejan los dedos. También se puede observar la difracción de la luz a través de una malla de tejido, con un disco óptico y con una pluma.

Estos últimos son ejemplos de las llamadas redes de difracción. Una rejilla o red de difracción consiste en una serie de ranuras paralelas del mismo ancho e igualmente espaciadas. Cuando la luz incide sobre estas ranuras, cada punto de la rejilla se convierte en un foco emisor de ondas secundarias que emergen de la misma estando en fase e interfieren con las procedentes de otra parte de la rejilla dando lugar al patrón de interferencia final. Las ondas emergentes de las diferentes ranuras de la rejilla recorren distancias distintas antes de llegar a la pantalla. Si la diferencia de camino es un múltiplo entero de la longitud de onda, las ondas llegan a la pantalla en concordancia de fase y se produce interferencia constructiva, una franja brillante; sin embargo, si las distancias recorridas por ambas ondas difieren en media longitud de onda, las ondas llegan a la pantalla en oposición de fase y se produce interferencia destructiva, una franja oscura. La siguiente ecuación analiza este último caso:

$$d \sin \theta = n\lambda \quad \text{donde } n=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Cuando el ángulo  $\theta$  es muy pequeño, es posible aplicar la aproximación  $\sin \theta \approx \theta = x/L$ , donde  $x$  es la separación entre las franjas brillantes del patrón de difracción y  $L$  es la distancia de la pluma a la pantalla. Así, la ecuación anterior se puede escribir de la siguiente manera:

$$d \frac{x}{L} = n\lambda$$

Donde  $x$  es la distancia entre máximos;  $n$  es un entero, que, en este caso, adoptará valores comprendidos entre 1 y 3, ya que se efectuarán medidas para los máximos de primer, segundo y tercer orden;  $L$  es la distancia entre la pluma y la pantalla,  $d$  es la distancia entre las barbas o las bárbulas y  $\lambda$  corresponde a

la longitud de onda que se obtendrá mediante el calibrado del puntero láser.

Con la relación obtenida será posible determinar la separación  $d$  entre las barbas y bárbulas de la pluma, magnitud conocida como parámetro de red.

#### MÉTODOS Y MATERIALES DE RECOLECCIÓN DE DATOS

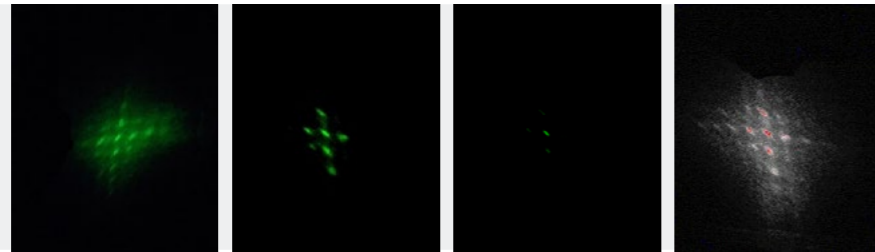
Para lograr los objetivos del proyecto, será necesario medir la distancia  $x$  entre los puntos luminosos y el máximo central del patrón de difracción.

En el caso de los patrones originados por el disco, la estructura periódica de las pistas produce máximos de difracción bien definidos y nítidos, que hicieron posible las mediciones *in situ*. Sin embargo, en el caso de la pluma, los máximos de primer y segundo orden apenas se conseguían visualizar y aparecían en la pantalla como manchas de color borrosas y alargadas en las que no se podía determinar la ubicación del punto más brillante, lo que dificultó la toma de medidas con el método convencional.

Para solventar este problema, se descartaron las mediciones *in situ* para los patrones de la pluma y se procedió a utilizar un programa informático de tratamiento de imágenes, *ImageJ*. Con este programa, fue posible ajustar el contraste de las imágenes con el objetivo de que sólo fueran visibles los puntos brillantes del patrón, de manera que se pudieran efectuar mediciones mucho más precisas, que fueron también realizadas con este programa.

Figura 03.

Ajuste del contraste de la imagen y de los parámetros de brillo.

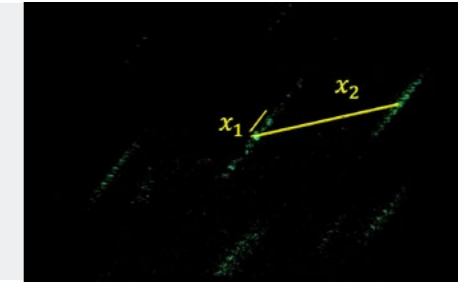


Nota. a-c) Secuencia de imágenes que muestran el proceso de ajuste de brillo y contraste de una fotografía del patrón de difracción desde la imagen tomada (izquierda) hasta la imagen obtenida tras la edición (derecha). d) Imagen obtenida a partir de una fotografía del patrón de difracción en la que los píxeles oscuros se muestran en azul y los brillantes, en rojo.

Para medir las distancias entre los máximos del patrón, fue necesario calibrar las imágenes. El objetivo de la calibración espacial de una imagen es establecer una relación entre las mediciones realizadas en la imagen y las dimensiones reales de la distancia que se mide. Para ello, se tomó como referencia una fotografía de la cartulina con una regla milimetrada, que se utilizó como escala de calibración. Una vez insertados los valores de calibración y obtenida la escala, se procedió a medir la distancia  $x_1$  para determinar la separación entre barbas y la distancia  $x_2$ , para obtener la distancia entre bárbulas.

Figura 04.

Medición de la separación entre los máximos para los patrones de las barbas ( $x_1$ ) y de las bárbulas ( $x_2$ ).



Por último, para evaluar y dar validez a los resultados obtenidos por el método de difracción, se procedió a utilizar un microscopio óptico para medir directamente la distancia entre las barbas y bárbulas de la pluma.

Figura 05.

Microfotografías del entramado de la pluma (a y b) y de una barba individual (c y d).



Cabe destacar que, dado que la pluma no es una estructura perfectamente periódica, los parámetros de red pueden variar ligeramente según la zona en la cual se realiza la medida. Por ello, se hizo necesario medir reiteradamente la distancia entre barbas y bárbulas adyacentes, en diferentes zonas de la pluma, con diferentes escalas y con distintas plumas de gallina.

### CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS MISMOS

#### RESULTADOS DE LA PRIMERA EXPERIENCIA

La utilización de diversos punteros láser, azul, verde y rojo, en la realización de la experiencia, evidenció la existencia de un patrón de difracción para el DVD, que se observó en todas las pruebas efectuadas.

Cuando la luz del puntero láser incide el DVD, se origina un patrón de difracción cuyos máximos se disponen perpendicularmente a la dirección de las rendijas. Se observaron tres máximos en el patrón de difracción: uno central, correspondiente al haz no desviado del láser incidente y dos máximos de primer orden situados a ambos lados de este y con un cierto ángulo de desviación con respecto al punto central del patrón.

Los ángulos de desviación de los primeros órdenes de difracción se obtienen a partir de la expresión  $\tan\theta = x/L$ , donde  $x$  es la separación entre los máximos del patrón y  $L$  es la distancia entre el disco y la pantalla. La expresión anterior



se puede calcular con la obtención de la pendiente a partir de un ajuste lineal realizado para cada conjunto de datos en el gráfico 1.

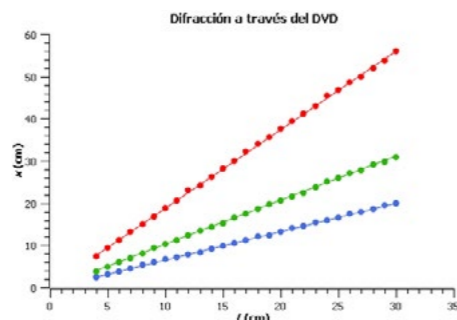


Gráfico 01.

Separación entre los máximos del patrón del DVD.

Una vez obtenida la pendiente y por ende la tangente y el ángulo de desviación, fue posible determinar la longitud de onda de la radiación incidente haciendo uso de la ecuación  $d \sin \theta = n\lambda$  detallada en apartados anteriores.

Los tres conjuntos de medidas analizados, llevados a cabo con los láseres azul, verde y rojo, proporcionaron unos valores para la longitud de onda que estaban en excelente acuerdo con los ofrecidos por el fabricante:

|                      | LÁSER AZUL | LÁSER VERDE | LÁSER ROJO    |
|----------------------|------------|-------------|---------------|
| Valor obtenido       | 405 ±7 nm  | 405 ±7 nm   | 653,0 ±1,1 nm |
| Datos del fabricante | 405 ±10 nm | 532 ±10 nm  | 650 ±10 nm    |

Tabla 01.

Separación entre los máximos del patrón del DVD.

Nota. Los valores de la primera fila se corresponden con los obtenidos mediante el método de difracción, mientras que los resultados de la segunda fila son los valores indicados por el fabricante.

La utilización de diversas plumas en la realización de la experiencia confirmó la existencia de un patrón de difracción común a todas ellas. Este patrón consta de dos patrones de difracción, uno producido por las bárbulas y otro, por las barbas.

En la figura 6, la disposición perpendicular de las bárbulas se puede visualizar esquemáticamente como una rejilla de difracción constituida por dos familias de rendijas perpendiculares, una horizontal y otra vertical, con dos periodicidades:  $a$ , que corresponde a la distancia entre rendijas adyacentes y  $b$ , que es el ancho de cada rendija. Dado que la pluma no es una rejilla rígida ni regular, sino más bien una estructura flexible y ligera, es previsible que exista una ligera deformación que la convierta en un entramado de aberturas rectangulares con



valores ligeramente diferentes para  $a$  y  $b$ . Sin embargo y con el objetivo de simplificar el análisis experimental, se considerará que la pluma es una rejilla de aberturas cuadradas con un parámetro de red constante.

Las dos familias de rendijas perpendiculares identificadas en la pluma dan lugar a dos patrones de difracción, perpendiculares entre sí y con punto de corte en el máximo central brillante. Las bárbulas orientadas en dirección vertical darán lugar al patrón horizontal, esto es, a los puntos brillantes situados a la derecha y a la izquierda del máximo central; y las bárbulas en dirección horizontal originarán el patrón vertical, constituido por los puntos brillantes dispuestos arriba y abajo del máximo central. Además de cada punto del patrón emana una tercera secuencia de puntos, en dirección oblicua, que corresponden a un tercer patrón de difracción, originado por las barbas.

Figura 06.

Esquema de la pluma como rejilla de difracción.

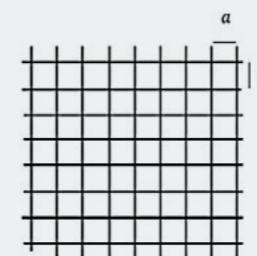


Figura 07.

Patrón originado por las bárbulas (negro) y las barbas (azul).

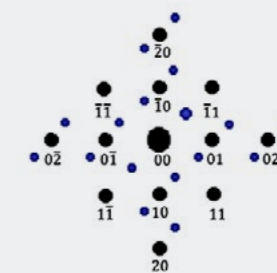
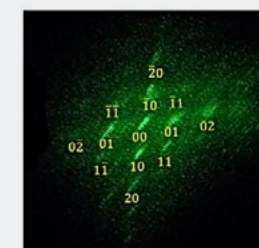


Figura 08.

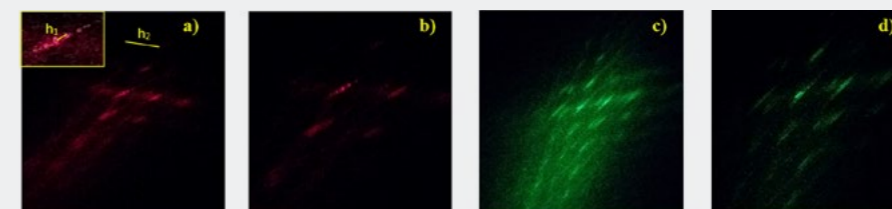
Patrón de difracción de una pluma.



En la figura 9 se muestran los patrones originados por la pluma con los dos punteros láser a diferentes distancias de la pantalla.

Figura 09.

Patrones de difracción originados por la pluma de gallina más representativos de la experiencia.



Nota. a-b) Patrones con láser rojo correspondientes a las distancias 150 cm y 250 cm de izquierda a derecha. c-d) Patrones con láser verde correspondientes a las distancias 150 cm y 250 cm de izquierda a derecha.



Como se observa en la figura 9, en los patrones de difracción originados para barbas y bárbulas, se han podido observar máximos de primer orden en todas las mediciones efectuadas. Conforme la distancia entre la pluma y la pantalla disminuía fue posible observar además máximos de segundo y tercer orden (a y c). Sin embargo, cuando la distancia a la pantalla aumentaba, los máximos se distanciaban dando lugar a una progresiva desaparición de los mismos y a la formación de un patrón de difracción amplio con máximos de primer orden cada vez más alejados del máximo central (b y d).

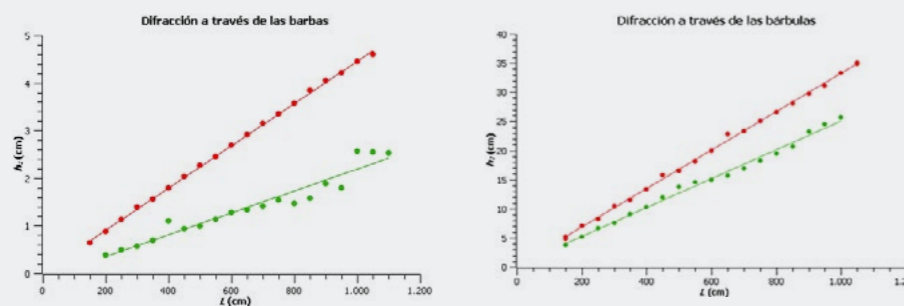
Todo esto llevó a la conclusión de que la separación entre los máximos del patrón es directamente proporcional a la distancia entre la pluma y la pantalla.

Por otra parte, se observaron diferencias entre los patrones de difracción producidos por el láser rojo y el verde. En el caso del láser verde, la menor separación entre los máximos hizo posible la observación de máximos de tercer orden tanto en el patrón de las barbas como en el de las bárbulas; sin embargo, con el láser rojo, la mayor separación entre los máximos tan solo permitió observar máximos de segundo orden en ambos patrones.

A partir de esto, se llegó a la conclusión de que la separación de los máximos en el patrón de difracción depende de la longitud de onda del láser incidente. Así, al aumentar la longitud de onda de la radiación incidente, también aumenta la separación entre los máximos del patrón y es por esta razón que se observan más espaciados y en menor cantidad en el caso del láser rojo. En los gráficos 2 y 3 se observa la separación entre los máximos de difracción obtenida con ambos punteros láser.

Gráfico 02 y 03.

Separación entre los máximos de primer orden del patrón de difracción de las en función de la distancia L.



De los ajustes lineales realizados en las gráficas anteriores y extrayendo la pendiente de cada recta, se determinó la separación entre las barbas y bárbulas.



## RESULTADOS DE LA TERCERA EXPERIENCIA

Por último, con el objetivo de contrastar los resultados obtenidos para la separación entre barbas y bárbulas por el método de difracción, se presentan en la siguiente tabla los valores obtenidos con el microscopio óptico.

Tabla 02.

Separación entre barbas y bárbulas obtenida mediante el método de difracción (primera y segunda columna) y mediante microscopía óptica (tercera columna).

|                           | LÁSER VERDE                | LÁSER ROJO                 | MICROSCOPIA          |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| Separación entre barbas   | $260 \pm 30 \mu\text{m}$   | $146 \pm 2 \mu\text{m}$    | $288,07 \mu\text{m}$ |
| Separación entre bárbulas | $20,8 \pm 0,7 \mu\text{m}$ | $19,5 \pm 0,4 \mu\text{m}$ | $20 \mu\text{m}$     |

El conjunto de medidas realizadas con el láser verde está en excelente acuerdo con las obtenidas mediante microscopía. En el caso del láser rojo, existe una gran incertidumbre en la medición de las barbas que podría llevar a pensar que los valores obtenidos por ambos métodos no casan entre sí. Esta fluctuación de valores es probablemente consecuencia de la estructura irregular de la pluma y del proceso de disección de la misma, en el que las barbas, al ser separadas de las barbas adyacentes, sufren ligeras modificaciones y se separan más que las bárbulas, cuya posición inicial permanece prácticamente invariable. A pesar de ello, el orden de magnitud de los resultados es compatible en todos los casos y tan solo difiere en unos pocos centenares de micrómetros en el caso de las barbas y unos micrómetros para las bárbulas.

## CAPÍTULO 4: CONCLUSIÓN

Se ha presentado una experiencia básica de difracción que pone de manifiesto el carácter ondulatorio de la luz y que, gracias a su sencilla implementación, resulta adecuada para realizar en cualquier laboratorio de instituto o universidad. Por medio del fenómeno de difracción ha sido posible calcular la longitud de onda de una radiación incidente, obteniendo un valor que concuerda con los datos proporcionados por el fabricante; y determinar la separación entre las barbas y bárbulas de una pluma, obteniendo unos resultados que están en excelente acuerdo con el trabajo tomado como referencia y con las mediciones realizadas por microscopía. Así, se concluye que el método de difracción, si bien lento y laborioso para la obtención de resultados, es una técnica adecuada y fiable para caracterizar la estructura de una pluma y de forma general, para determinar los parámetros de red de una rejilla de difracción bidimensional.



## CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA

GARCÍA, Hugo Pérez; MOLINA, Rafael García; ABRIL, Isabel. Difracción de luz a través de una pluma de ave. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2012, vol. 9, no 1, p. 164-169.

# ACTAS DEL 33<sup>o</sup> CONGRESO DE JÓVENES INVESTIGADORES



Promueve y organiza:



Colaboran:

