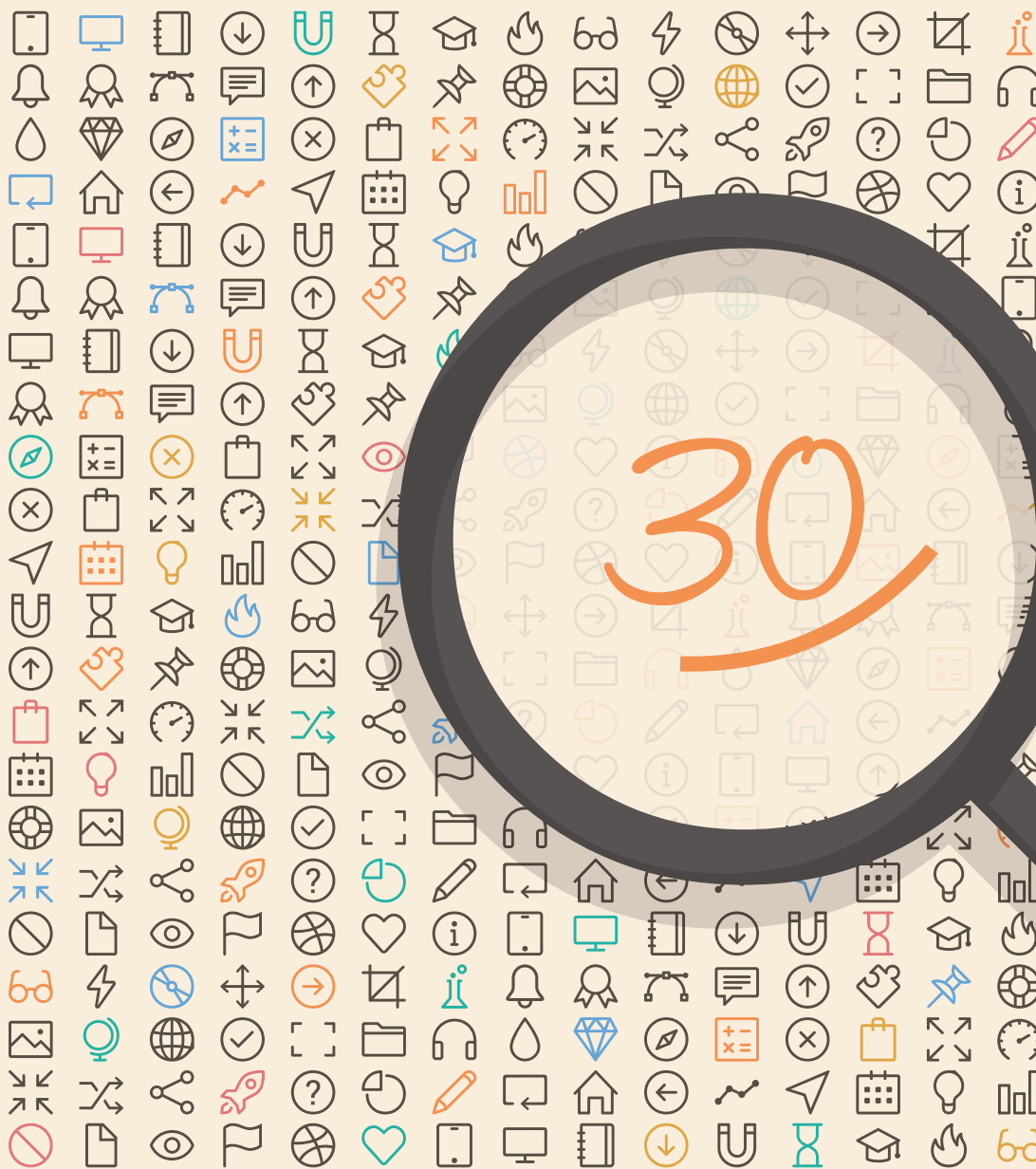


ACTAS DEL **30° CONGRESO** **DE JÓVENES INVESTIGADORES**

CEULAJ, MOLLINA, **8-12 DE ENERO DE 2018**



Actas 30º Certamen Jóvenes Investigadores

Directora General del Instituto de la Juventud

Ruth Carrasco Ruiz

Secretario General de Universidades

José Manuel Pingarrón Carrazón

Director Científico del Certamen

Dr. Jesús F. Jordá Pardo

Coordinadoras de la publicación

Marta Jurado

Marta Leyra

Diseño gráfico y 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: 684-18-029-9

Madrid, 2018

ÍNDICE

- 06 - Directora General
- 08 - Secretario General de Universidades
- 11 - Presentación del Certamen

- 15 - **CIENCIAS SOCIALES Y JURÍDICAS** 

- 17 - Economía colaborativa en suspensión: legalidad o no de Uber y Blablacar
- 27 - ¿Qué horas son estas? Estudio sobre la racionalización de los horarios españoles
- 35 - La otra cara de Molina. Radiografía socioeconómica de la pobreza, la mendicidad, los rebuscadores en los contenedores de basura y el “sinhogarismo” en el municipio de Molina de Segura (Murcia)
- 47 - La sanidad no es un gasto, es una inversión
- 57 - “Llevarse a la novia”. Usos matrimoniales en una comunidad rural. Lorquí (1934 - 1983)
- 67 - Enseñar a enseñar
- 77 - ¿Tradición o imposición? Evolución del papel de la mujer en Granollers (Barcelona). Una visión interdisciplinaria
- 87 - La industria de la cultura: Evolución Humana, Revolución Económica

- 95 - **ARTES Y HUMANIDADES** 

- 97 - La barbarie en la primera guerra carlista
- 107 - El “gracioso” de La traición en la amistad de María de Zayas y Sotomayor
- 115 - Olvido es nombre de mujer
- 123 - Un estudio sobre la existencia de varios tipos de caballería superpesada en el bajo Imperio Romano
- 131 - Análisis de las causas de la ocupación de la Isla Formosa por parte de la Corona española
- 139 - Neoliberalismo y Darwinismo social. La gran pandemia del siglo XXI


ÍNDICE

- 150 - CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA VIDA 
- 153 - Parques y jardines ¿amigos o enemigos? Potencial alergénico de los espacios verdes del barrio de Santa María de Gracia (Murcia)
- 165 - Impacto de las vías de metilación y desmetilación en las propiedades físicas del ADN
- 175 - El *quorum sensing*, la red social de las bacterias
- 187 - Y tú, ¿cómo pisas?
- 197 - ¿Por qué soy así? Análisis de mis caracteres genéticos
- 205 - La microbiota de los móviles de mis compañeros de clase
- 217 - Ciclo del agua y vida en las cuevas marcianas con estudios de la biodiversidad crítica en río Tinto
- 227 - Efecto de los nitratos y los nitritos en los organismos acuáticos. Estudio del organismo modelo *Daphnia magna*
- 239 - Efecto de la restricción de metionina en el proceso de envejecimiento
- 249 - *Quoniam Salvum Fecit Mundum*
- 259 - Importancia de la teoría de meta-población en la supervivencia de una especie en peligro de extinción *Patella ferruginea* (Gmelin, 1971). Resultados de una vigilancia a medio plazo (2012-2017)

- 270 - TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS 
- 273 - Resolución de un problema N-P computacional a través de algoritmos genéticos. Una aplicación a la creación de una red de miradores con estaciones de recarga eléctrica en Gran Canaria
- 285 - Evaluación de la eficiencia de las pinturas fotocatalíticas en la disminución de compuestos orgánicos volátiles (COVs)

ÍNDICE

- 299 - Apostando por la sostenibilidad con agro-hormigones: disminución de las emisiones de CO₂, favoreciendo la economía circular en la zona de Valverde de Leganés para solucionar el déficit habitacional
- 311 - Proyecto CURIOSITY. Estudio y desarrollo de un prototipo multifuncional del Rover Curiosity
- 323 - PYCT, profesor de ajedrez
- 333 - Impresión 3D en la Industria Protésica
- 345 - Estudio de la maduración del kiwi (*Actinidia deliciosa*) según el tipo y cantidad de frutas climatéricas empleadas como fuente de etileno
- 355 - Eficacia de muros de Trombe

- 365 - **CIENCIAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MATEMÁTICAS** 

- 367 - La función factorial: divisibilidad de coeficientes binomiales y convergencia de series p -ádicas
- 375 - Desarrollo de un criptosistema para superficies 2.5D que preserve el formato
- 385 - Cocina, evolución y reacción de Maillard
- 395 - Método de las distancias lunares con instrumentos de fortuna
- 405 - La belleza molecular del cardo mariano.
Propuesta computacional de la diana proteica de la silibinina
- 417 - Análisis de pantallas táctiles mediante la difracción de un láser
- 425 - Lagarto, lagarto (Diseño y construcción de maquetas que, de forma novedosa, ayudan a entender qué es la tensión superficial y justifican por qué el basilisco puede andar sobre el agua)

- 433 - Agradecimientos



RUTH CARRASCO RUIZ

DIRECTORA GENERAL DEL INJUVE

*Defiende tu derecho a pensar, porque incluso pensar
de manera errónea es mejor que no pensar*

Hipatia de Alejandría
Astrónoma, filósofa y matemática, S. IV-V d.C.

Hace 30 años el Certamen de Jóvenes Investigadores nació con el propósito de despertar la vocación investigadora de nuestros jóvenes, enfrentándoles 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. Un desafío que demandaba curiosidad, imaginación y trabajo en equipo.

Desde unos presupuestos ciertamente vanguardistas, el Certamen ofrecía a los alumnos de Secundaria y Bachillerato la posibilidad de convertirse en protagonistas de su propio proceso de aprendizaje. Muchos docentes acogieron la idea y animaron a sus pupilos a formar grupos de investigación. El resultado, a lo largo de los últimos 30 años, ha sido una extraordinaria compilación de trabajos sobre las más diversas disciplinas científicas. Algunos trabajos se centraron en la divulgación científica, otros han reforzado el núcleo duro de paradigmas ya enunciados, algunos más avanzaron hipótesis innovadoras y han sido publicados en revistas internacionales. En todos los casos, sumergirse en la dinámica de la investigación supuso, para sus autores, una experiencia vital transformadora. El trabajo científico les ha demandado iniciativa y espíritu emprendedor, trabajo en equipo y coordinación de tareas, búsqueda crítica de información, redacción y comunicación pública y reflexión sobre el proceso legítimo de construcción y verificación del conocimiento. Así, la investigación ha sido para ellos más un camino que un objetivo: una oportunidad para crecer personal, social y profesionalmente, descubriendo su capacidad para transformar el mundo que les rodea.

El Certamen de Jóvenes Investigadores también se ha revelado, en este tiempo, una puerta privilegiada para el acceso de las jóvenes a la ciencia. Aunque en la actualidad sólo un 30% de mujeres se matricula en carreras científicas, y su promoción a los puestos más altos de la carrera investigadora es casi testimonial, no ocurre así en los primeros estadios educativos. Desde 2010, las mujeres tomaron la delantera a los hombres en el Certamen, y en 2017, un 54% de las ponencias fueron presentadas por jóvenes investigadoras. Nuestro concurso



cuenta así con una pluralidad de enfoques, objetivos, formas de relación y estrategias de contrastación, inherente a la diversidad de género, y señala el camino que la ciencia formal deberá pronto seguir.

Por fin, la celebración del 30º Aniversario del Certamen de Jóvenes Investigadores ha sido también un momento propicio para hacer balance de lo conseguido, y para proponer nuevos desafíos. Desde el Instituto de la Juventud, iniciamos una nueva andadura centrada en difusión del Certamen y en la profesionalización de nuestros jóvenes científicos. En el aspecto de la visibilidad, hemos presentado un nuevo logotipo, que actualiza su imagen incorporando un sutil juego de palabras. La comunicación se ha enriquecido merced a vídeos en los que los propios investigadores relatan su experiencia y presentan sus proyectos. Un proyecto de exposición itinerante llevará en breve a los institutos de toda España los primeros premios de 2017, para animar a las nuevas generaciones a sumarse al reto de la ciencia. La Maleta 30 Aniversario, distribuida en centros de educación secundaria, ofrece a los profesores una guía para introducir a sus alumnos en el mundo de la investigación.

Estas Actas son asimismo parte de las iniciativas asociadas a la celebración de este 30º Aniversario. Con ellas queremos retomar la edición de los trabajos del Congreso de Molina, pero en este caso respetando todos los protocolos científicos de edición, para facilitar a sus jóvenes autores una primera publicación oficial de sus trabajos. Este recopilatorio quiere ser también un reconocimiento a la imprescindible labor de los profesores-tutores implicados y a calidad de la investigación que se está llevando a cabo en los centros educativos españoles.

En estos 30 años de trabajo hemos demostrado que la ciencia es un vehículo de formación, autonomía e igualdad para los jóvenes. A partir de ahora continuaremos trabajando con instituciones públicas, alumnos y profesores, y otros actores sociales, convencidos de que el conocimiento y la ciencia constituyen un lenguaje común que hará de nuestros jóvenes ciudadanos comprometidos, críticos y propositivos.



JOSÉ MANUEL PINGARRÓN CARRAZÓN

SECRETARIO GENERAL DE UNIVERSIDADES

El Certamen de Jóvenes Investigadores ha sido uno de los mejores viveros para ciencia en nuestro país. Al echar una mirada retrospectiva a estos 30 años de andadura del Certamen se observan dos hechos significativos, uno es el aumento generalizado que a lo largo de los años ha experimentado la calidad de los trabajos presentados, de tal forma que resulta muy difícil la labor del jurado a la hora de seleccionar los proyectos finalistas. El otro es la capacidad de transmisión del conocimiento que tienen los jóvenes investigadores durante la presentación de sus trabajos durante el congreso, a lo que se une el aplomo durante la exposición oral, la capacidad de respuesta a las preguntas y cuestiones, en ocasiones complicadas, que les plantean los miembros del jurado, y la adaptación a las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación.

Los chicos y chicas que hemos visto pasar por este Certamen nos han ilusionado y maravillado con sus exposiciones, sus conclusiones y sobre todo con su ilusión y su vocación. En una época en la que la ciencia y, en general toda la sociedad ha sufrido una desaceleración importante, ellos están demostrando que son el futuro y que vienen pisando fuerte.

Este hecho está relacionado en gran medida con la existencia de los profesores tutores o coordinadores como figura obligatoria para poder presentar los trabajos, pues son ellos sin duda alguna 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 el trabajo continuo a lo largo del curso académico de los tutores o coordinadores los trabajos que se presentan no alcanzarían, sin duda alguna, la calidad que tienen actualmente.

Un aspecto importante del Certamen es el derivado de la participación de los jóvenes investigadores españoles en el EUCYS “European Union Contest for Young Scientists” que premia los mejores trabajos de investigación realizados por jóvenes preuniversitarios de la Unión Europea y de terceros países. En la presente edición que se acaba de finalizar, Ginés Marín Martínez, alumno del IES Alcántara de Alcantarilla (Murcia) acaba de recibir uno de los tres premios “Intel ISEF” concedidos en la 30ª edición del EUCYS, celebrado en Dublín entre el 14 y el 18 de septiembre y en el que se presentaron 87 proyectos de 38 nacionalidades premiados previamente en sus certámenes nacionales.



Ginés ganó un primer premio en la categoría de Ciencias Sociales con el proyecto: *“Economía colaborativa en suspensión”*, que aborda el debate surgido entre los juristas a raíz de la aparición de las nuevas plataformas y aplicaciones para el transporte como BlaBlaCar o Uber. Este nuevo premio obtenido en EUCYS permitirá al joven investigador, que acaba de comenzar sus estudios universitarios, participar en la próxima feria internacional de ciencia e ingeniería “Intel ISEF”, que se celebra anualmente en Estados Unidos.

El Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades exhibe su orgullo en la continuidad de este Certamen y agradece a todas las entidades colaboradoras (el Consejo Superior de Investigaciones Científicas –CSIC-, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad de Málaga, la Real Sociedad Española de Física, la Sociedad Científica Informática de España, la Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, la Universidad de Salamanca, Consejo Europeo de Investigación Nuclear y la Fundación ONCE) su ayuda en esta aventura consistente en despertar vocaciones investigadoras en las etapas previas a la universidad y atraer el talento en nuestro país.



PRÓLOGO

PRESENTACION DEL CERTAMEN

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. Desde entonces hasta el día de hoy se han convocado y llevado a la práctica 30 certámenes de jóvenes investigadores.

La primera convocatoria del certamen nació heredera del Certamen Internacional Jóvenes Investigadores de la Naturaleza, que hasta ese momento había organizado el Instituto de la Juventud (INJUVE), y lo hizo con una perspectiva multidisciplinar abierta a investigaciones de las diferentes áreas científico-técnicas, y a la vez centrada en el tema “La Ilustración en España y América en tiempos de Carlos III”, dado que ese año se conmemoraba el bicentenario de la muerte de ese monarca ilustrado.

La citada orden encargaba a la Dirección General de Investigación Científica y Técnica (DGICYT) del Ministerio de Educación y Ciencia y al Instituto de la Juventud, entonces adscrito al Ministerio de Cultura, la ejecución de lo en ella dispuesto. En esa primera convocatoria se establecieron las bases de lo que sería el Certamen “Jóvenes Investigadores» en los siguientes 30 años, si bien estas han experimentado una serie de cambios tendentes a perfeccionar el espíritu de la convocatoria, que no es otro que el fomento de las vocaciones científicas e investigadoras entre los jóvenes con edades comprendidas entre los 15 y los 21 años a través de la concesión de distintos tipos de premios a los trabajos realizados por éstos durante sus estudios de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato o Formación Profesional en cualquiera de las materias del currículo oficial. En la actualidad, los organismos convocantes del certamen son la Dirección General de Política Universitaria del Ministerio de Educación y Formación Profesional y el Instituto de la Juventud del Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social.

Con motivo de la celebración de la trigésima convocatoria del Certamen Jóvenes Investigadores, los organismos convocantes decidieron publicar un libro donde se recogieran los trabajos presentados en el Congreso Jóvenes Investigadores con el que culminó el certamen y que se celebró, como en años anteriores,



en el Centro Euro-Latinoamericano de la Juventud (CEULAJ) que el INJUVE tiene en la localidad malagueña de Mollina. Esta trigésima convocatoria se rigió por lo establecido en la Resolución de 21 de septiembre de 2017, de la Secretaría de Estado de Educación, Formación Profesional y Universidades, por la que se convocan los premios del XXX Certamen Jóvenes Investigadores para 2017 (BOE, núm. 234, 28/09/2017).

En el año 2017, las inscripciones en el certamen fueron 179, un total de 255 estudiantes cuyo desglose por sexo fue de 136 chicas y 119 chicos procedentes de 15 comunidades autónomas (Andalucía, Aragón, Asturias, Canarias, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Extremadura, Galicia, La Rioja, Madrid, Murcia, Navarra, País Vasco y Comunidad Valenciana). Del total de proyectos recibidos y tras una concienzuda evaluación por parte de expertos procedentes tanto de universidades como de organismos públicos de investigación, el Jurado seleccionó, a mediados del mes de diciembre 2017, 40 trabajos de investigación más 3 reservas para participar en el 30 Congreso de Jóvenes Investigadores que tuvo lugar del 8 al 12 de enero de 2018 en el CEULAJ (Mollina, Málaga). Al congreso asistieron un total de 60 estudiantes de los cuales 27 fueron chicas y 33 chicos. Los proyectos seleccionados son una muestra significativa y de gran calidad de la investigación que se está llevando a cabo en los centros educativos de toda España antes de la Universidad.

El Jurado de esta trigésima convocatoria del Certamen estuvo integrado por la Dra. Susana Alemany de la Peña (Coordinadora del Área de Biología y Biomedicina del CSIC del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid) en calidad de Presidenta, D^a. Carmen Bermúdez Rojas-Marcos (Subdirectora General de Formación del Profesorado Universitario y Atención a los Estudiantes. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid) como Vicepresidenta, D. Luis Caballero García (Jefe del Área de Iniciativas, Instituto de la Juventud, Madrid), Dra. Marion Reder Gadow (Departamento de Historia Moderna y Contemporánea, Universidad de Málaga), Dr. Juan José León García (Instituto de Matemáticas y Física Fundamental, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid), Dr. José Luis Montañés García (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid), Dr. Rafael Prieto Lacaci (Departamento de Sociología, Facultad de Educación, Universidad Complutense de Madrid), Dra. Mercedes Salaíces Sánchez (Departamento de Farmacología y Terapéutica, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Madrid), Dr. Gonzalo Trancho Gayo (Departamento de Zoología y Antropología Física, Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid), Dr. Federico Morán Abad (Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad Complutense de Madrid), como vocales, actuando el Dr. Jesús F.



Jordá Pardo (Director Científico del Certamen de Jóvenes Investigadores. Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid) como Secretario.

El libro que el lector tiene entre las manos recoge los resúmenes de los cuarenta trabajos de investigación presentados en el 30 Congreso Jóvenes Investigadores, que corresponden a las áreas de conocimiento agrupadas en Ciencias de la Tierra y de la Vida, Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas, Ciencias Sociales y Jurídicas, Tecnologías e Ingenierías y Artes y Humanidades. Todos ellos son una buena muestra de la calidad de las investigaciones que realizan los jóvenes 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 estudiantes y un revulsivo para las autoridades educativas de las diferentes comunidades autónomas que permita impulsar la investigación en esas etapas de la formación anterior a la universidad.

the 1990s, the number of people in the UK who are aged 65 and over has increased from 10.5 million to 13.5 million, and the number of people aged 75 and over has increased from 4.5 million to 6.5 million (Office for National Statistics 2000). The number of people aged 65 and over is expected to increase to 16.5 million by 2020, and the number of people aged 75 and over to 8.5 million (Office for National Statistics 2000).

There is a growing awareness of the need to address the needs of older people, and the need to ensure that they are able to live independently and actively in their own homes. This has led to a number of initiatives, including the development of the concept of 'age-friendly' environments (World Health Organization 2002). The concept of age-friendly environments is based on the idea that the environment should be designed to meet the needs of older people, and to enable them to live independently and actively in their own homes.

The concept of age-friendly environments is based on the idea that the environment should be designed to meet the needs of older people, and to enable them to live independently and actively in their own homes. This includes the need to ensure that the environment is safe, accessible, and comfortable, and that it provides opportunities for social interaction and participation in community activities.

The concept of age-friendly environments is based on the idea that the environment should be designed to meet the needs of older people, and to enable them to live independently and actively in their own homes. This includes the need to ensure that the environment is safe, accessible, and comfortable, and that it provides opportunities for social interaction and participation in community activities.

The concept of age-friendly environments is based on the idea that the environment should be designed to meet the needs of older people, and to enable them to live independently and actively in their own homes. This includes the need to ensure that the environment is safe, accessible, and comfortable, and that it provides opportunities for social interaction and participation in community activities.

The concept of age-friendly environments is based on the idea that the environment should be designed to meet the needs of older people, and to enable them to live independently and actively in their own homes. This includes the need to ensure that the environment is safe, accessible, and comfortable, and that it provides opportunities for social interaction and participation in community activities.

The concept of age-friendly environments is based on the idea that the environment should be designed to meet the needs of older people, and to enable them to live independently and actively in their own homes. This includes the need to ensure that the environment is safe, accessible, and comfortable, and that it provides opportunities for social interaction and participation in community activities.

The concept of age-friendly environments is based on the idea that the environment should be designed to meet the needs of older people, and to enable them to live independently and actively in their own homes. This includes the need to ensure that the environment is safe, accessible, and comfortable, and that it provides opportunities for social interaction and participation in community activities.



CIENCIAS SOCIALES Y JURÍDICAS

PRIMER PREMIO |

- 17 - **Economía colaborativa en suspensión: legalidad o no de Uber y Blablacar**
GINÉS MARÍN MARTÍNEZ

SEGUNDO PREMIO |

- 27 - **¿Qué horas son estas? Estudio sobre la racionalización de los horarios españoles**
ISABEL MARÍN LÓPEZ
- 35 - **La otra cara de Molina. Radiografía socioeconómica de la pobreza, la mendicidad, los rebuscadores en los contenedores de basura y el "sinhogarismo" en el municipio de Molina de Segura (Murcia)**
ALEJANDRO MARTÍNEZ GÓMEZ

TERCER PREMIO |

- 47 - **La sanidad no es un gasto, es una inversión**
MARÍA JESÚS JIMÉNEZ MELERO
- 57 - **"Llevarse a la novia". Usos matrimoniales en una comunidad rural. Lorquí (1934 - 1983)**
JOSÉ JESÚS ABENZA GARCÍA
- 67 - **Enseñar a enseñar**
LUCÍA ZARIQUIEY PÉREZ, HÉCTOR CANTALEJO NIETO, ANDRÉS GONZÁLEZ ANTOHI

ACCESIT |

- 77 - **¿Tradición o imposición? Evolución del papel de la mujer en Granollers (Barcelona). Una visión interdisciplinaria**
PAULA MACÍAS OLMO
- 87 - **La industria de la cultura: Evolución Humana, Revolución Económica**
JORGE RUBIO MAHAMUD, SILVIA CAMPO GONZALEZ



Economía colaborativa en suspensión: legalidad o no de Uber y Blablacar

/ PRIMER PREMIO

AUTOR | GINÉS MARÍN MARTÍNEZ

COORDINADOR | SALVADOR NAVARRO CASTILLO

CENTRO | IES ALCÁNTARA

CIUDAD | ALCANTARILLA

RESUMEN |

La economía colaborativa origina un nuevo paradigma de interacciones mercantiles y modelos de negocio innovadores en el seno de la revolución de las TIC. ¿Son Uber y BlaBlaCar meros intermediarios entre prestadores de servicios y demandantes de los mismos o se trata en realidad de empresas que se benefician de la ambigüedad legal para llevar a cabo su actividad económica a un menor coste? ¿Son los prestadores de servicio en realidad trabajadores encubiertos? ¿Por qué es tan difícil adaptar estas innovaciones económicas a la legislación de los países europeos y cómo podemos solucionarlo?

Palabras clave: Economía colaborativa, consumo colaborativo, Derecho Mercantil, Derecho Laboral, Unión Europea, precariedad laboral, competencia desleal, Uber, BlaBlaCar, taxi.

ABSTRACT |

The collaborative economy is generating a new paradigm of commercial interactions and innovative business models in the core of the ICT. Are Uber and BlaBlaCar just intermediary enterprises between users and providers of transport services? Are they actually companies that take advantage of legal ambiguities to execute their economic activities at a lower cost? Are the drivers of these platforms in fact undercover workers? Why is it so difficult to adapt these economic innovations to European laws? What can we do about that?

Keywords: Sharing economy, collaborative consumption, collaborative economy, peer economy, Business Law, Labour Law, EU, precarious employment, unfair competition, Uber, BlaBlaCar, taxi, cab.



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los avances tecnológicos han traído consigo una revolución económica ligada a internet. El ejemplo más importante en la actualidad sería la economía colaborativa, cuyas plataformas más importantes a nivel internacional son: Airbnb, BlaBlaCar y Uber, todas ellas experimentando un crecimiento vertiginoso.

Sin embargo, la actividad de estas empresas no encaja fácilmente en el marco legal y fiscal presente tanto en España como en la Unión Europea. Esta ambigüedad legal ha causado mucha polémica que ha conducido a manifestaciones, altercados callejeros y cambios en políticas municipales y autonómicas.

Pese a todo, las autoridades judiciales y políticas han dado una respuesta insuficiente y a veces contradictoria a esta problemática.

En mi investigación me he centrado en las plataformas Uber y BlaBlaCar.

Principalmente, las cuestiones que suscita la actividad de la economía colaborativa son las siguientes:

En primer lugar, si la actividad que realizan los conductores para estas plataformas supone precariedad laboral y, por otra parte, si dichas plataformas incurren en competencia desleal para los modelos tradicionales de negocios de transporte.

OBJETIVOS

Los objetivos de mi trabajo han sido los siguientes:

1. Descubrir si los conductores que prestan sus servicios para Uber y BlaBlaCar son en realidad trabajadores encubiertos y se incurre, de este modo, en la precariedad laboral.
2. Elucidar si estas plataformas son empresas de transporte y perpetran competencia desleal contra los sectores tradicionales del transporte.
3. Identificar los problemas legales que existen actualmente y ofrecer posibles soluciones a estos.

ECONOMÍA COLABORATIVA

Lo primero es definir qué es la economía colaborativa, y esto no es fácil. La economía colaborativa es una realidad muy amplia que abarca diversos campos de la economía. La Comisión Europea definió la economía colaborativa como: “Modelos de negocio en los que se facilitan actividades mediante plataformas colaborativas que crean un mercado abierto para el uso temporal de mercancías o servicios ofrecidos a menudo por particulares”. (Comisión Europea, 2016).



Sea como fuere, en la economía colaborativa siempre se presentan 3 agentes fundamentales:

1. Por una parte, está un prestador de servicios ocasional.
2. Por otra parte, los usuarios de estos servicios.

3. Y por último, un intermediario. En este caso, una plataforma tecnológica que conecta a estos dos agentes anteriores y facilita las transacciones económicas entre los mismos.

Diversos estudios llevados a cabo tanto por organizaciones públicas como privadas permiten estimar la importancia de la economía colaborativa en España en el año 2015 en la producción de 28 mil millones de euros, suponiendo entre el 1% y el 1,4% del PIB nacional ese año, y se estima que para 2025 constituya entre el 2% y el 2,9% del PIB español con la generación de entre 160 mil y 572 mil millones de euros.

UBER

Uber es una empresa multinacional surgida en Estados Unidos (EEUU) que crea una red de transporte privado que une a pasajeros con conductores registrados en su base de datos.

Funciona a través de una aplicación móvil. El precio de los servicios de transporte se fija mediante un sistema denominado “dinámico”, que se basa en la oferta y demanda de trayectos.

De cada viaje, Uber recibe el 25% de cada transacción por viaje en concepto de comisión, y el resto queda como beneficio para el conductor.

Por último, cabe destacar que esta empresa presenta una compleja estructura legal y fiscal, teniendo una sede en San Francisco (California), pero empleando otra sede en Holanda para operar en Europa, puesto que allí el impuesto sobre sociedades es mucho más favorable para las empresas multinacionales que en los demás países europeos.

BLABLACAR

BlaBlaCar es una aplicación de origen francés en la que dos o más personas que vayan a realizar el mismo viaje en el mismo momento del tiempo comparten vehículo, compartiendo también los gastos que supone este transporte.

De este modo también se reduce la emisión de gases de efecto invernadero.

Su funcionamiento es simple: los miembros que quieran compartir trayecto, sean conductores o usuarios, lo único que tienen que hacer es estar registrados en la página web y ofrecer su servicio o la demanda del mismo en el portal de BlaBlaCar.



Para asegurar los transportes, la plataforma exige que el pago del trayecto se efectúe previamente a la prestación del servicio y *on-line*.

De cada transporte, suele llevarse un 20% de comisión en concepto de gastos de gestión.

PRECARIEDAD LABORAL

La primera gran pregunta que suscita la actividad de estas empresas es si sus conductores son en realidad trabajadores encubiertos en situación de precariedad laboral.

Para descubrir si esto es cierto, es necesario buscar la definición de trabajador en el Derecho español. Según la Ley del Estatuto de los Trabajadores, un trabajador es: “Persona que voluntariamente presta sus servicios retribuidos, por cuenta ajena, dentro del ámbito de la organización y dirección de otra persona, física o jurídica, denominada empleador o empresario”.

Las características fundamentales del trabajo son:

- a. Personal: La prestación laboral solo puede ser realizada por una persona física.
- b. Voluntario: Ningún ciudadano puede ser obligado a convertirse en trabajador.
- c. Retribuido: El trabajador recibe una recompensación dineraria por su labor.
- d. Por cuenta ajena: Los riesgos, así como los beneficios, de la actividad del trabajador, son para el empleador.

EN EL CASO DE UBER:

Tanto los conductores que operan para Uber como los que lo hacen para BlaBlaCar realizan su actividad de manera personal y voluntaria.

En el caso de Uber, la retribución se produce de manera evidente, puesto que el conductor realiza su actividad *ad hoc* para obtener una remuneración.

En cuanto a la ajenidad, si bien los riesgos del transporte recaen sobre el conductor, el beneficio se reparte entre este y la plataforma.

EN EL CASO DE BLABLACAR:

En el caso de BlaBlaCar no se puede hablar de remuneración, sino de copago de los gastos del transporte.

En cuanto a la ajenidad, al no existir beneficio dinerario tampoco, el trabajo ya queda descartado, aunque cabe destacar que el riesgo recae sobre el conductor.



COMPETENCIA DESLEAL

La Ley de la Competencia Desleal define a esta como “cualquier abuso en el ejercicio del derecho a la libre iniciativa dentro del mercado y a la protección de cuantos intereses concurren en él”. Están sujetos a ella empresarios, profesionales y cualesquiera otras personas físicas o jurídicas que intervengan en el mercado.

Sin embargo, como dicho “abuso” puede resultar un criterio un tanto subjetivo, el principal factor que se tiene en cuenta es el precio de los servicios, puesto que este es un criterio cuantitativo.

UBER Y BLABLACAR:

Al tratarse de una ley de aplicación tan amplia, ambas plataformas podrían verse sujetas de estudio por competencia desleal, puesto que ambas operan en el mercado del transporte.

También es relevante mencionar que el precio del servicio de ambas plataformas es significativamente inferior al de los servicios de taxi, y más personalizado que el del transporte público.

Para saber si se produce competencia desleal, lo crucial es determinar si estas empresas son empresas de transporte o empresas de servicios de la sociedad de la información.

SERVICIOS DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN

Siempre que se acusa tanto a Uber como a BlaBlaCar de incurrir en competencia desleal contra los negocios tradicionales de transporte y de que sus conductores son en realidad trabajadores encubiertos, estas plataformas lo niegan, arguyendo que ellas son en realidad empresas de los servicios de la sociedad de la información.

La Ley de los Servicios de la Sociedad de la Información y el Comercio Electrónico es una ley promulgada en 2002 en España, con la intención de adaptar las nuevas empresas que surgían en internet a la legislación mercantil española. Esta ley se aplica a aquellas actividades económicas basadas en la contratación de bienes y servicios por vía electrónica.

¿EMPRESA DE TRANSPORTE O MERA INTERMEDIARIA?

No hay en España un marco legal específico y omnicomprensivo del sector del taxi (Sánchez Tornel, 2017), tan solo la Ley de Ordenación de Transportes Terrestres. En ella no se encuentra la figura del taxi, pero podemos encontrar una definición de qué es el transporte privado. Según esta normativa, cualquier



actividad de transporte que no se ajuste al transporte privado debe encontrarse regulada por la ley.

En esta ley, se define el transporte privado o particular como aquel que se emplea para el transporte personal o doméstico, sin que se produzca una remuneración monetaria a cambio.

EN EL CASO DE UBER Y BLABLACAR:

En ninguna de las plataformas el transporte se podría definir como privado, puesto que en ambos casos el desplazamiento se produce junto a una persona ajena al conductor.

En el caso de Uber, al producirse retribución dineraria a cambio del servicio, la legislación más adecuada sería la del taxi.

El caso de BlaBlaCar es más difícil, dado que el conductor no recibe una remuneración a cambio de su actividad. No existe ninguna normativa que se adecúe a este tipo de transporte, de forma que queda en manos de los legisladores la creación de una normativa que se pueda aplicar a este tipo de servicios.

CONCLUSIONES

EN EL CASO DE UBER:

La actividad que llevan a cabo los conductores que prestan sus servicios para la plataforma Uber presentan las características propias de cualquier trabajador. Pese a esto, estos prestadores de servicios no están dados de alta como trabajadores bajo ninguna de sus formas.

En cuanto a si se produce competencia desleal, mi respuesta es sí. La única diferencia identificable entre la actividad de Uber y la de cualquier empresa de taxi es que Uber opera vía internet. El servicio que se ofrece es, por lo demás, idéntico.

Pese a ello, Uber se ha camuflado como una empresa de la sociedad de la información, y ha esquivado los gastos de una empresa de transporte. Por si ello no fuera poco, los conductores de esta plataforma no han sido dados de alta como trabajadores ni disponen de las licencias que necesitan los taxistas. Uber ha utilizado todos estos métodos para reducir sus costes drásticamente y ofrecer un servicio significativamente más barato que el de las empresas de taxis.

EN EL CASO DE BLABLACAR:

Los conductores que operan en BlaBlaCar no pueden ser considerados trabajadores y, por tanto, no se encuentran en situación de competencia desleal.



Asimismo, no se puede considerar a BlaBlaCar una competidora desleal de las empresas de transporte, puesto que ella no es una empresa de transporte. La actividad que efectúa esta empresa es la de conectar a personas que desean compartir trayecto, no a proveer trayectos ella misma, y es por esta actividad por la que recibe sus beneficios.

REFLEXIONES SOBRE LA ECONOMÍA COLABORATIVA Y EL DERECHO ESPAÑOL Y EUROPEO:

La aparición y el éxito de empresas como Uber y BlaBlaCar, así como los problemas legales que han experimentado, permiten realizar varias observaciones.

La actividad de Uber ha demostrado que la regulación del taxi es anticuada e inoperativa. La vida urbana que se desarrolla en las grandes ciudades requiere de servicios de transporte individualizados que el transporte público no ofrece. La actividad de los taxis es necesaria para muchas personas, pero la regulación de las administraciones provoca que los precios de estos servicios sean demasiado altos y los ciudadanos busquen alternativas más económicas como Uber, Lyft o Cabify.

La legislación mercantil es ambigua e insuficiente en lo que se refiere a los nuevos modelos colaborativos de actividad económica. Ejemplo de ello es la incapacidad de aplicar ninguna ley de transporte a la actividad de los conductores de BlaBlaCar.

El Derecho Laboral español es demasiado inflexible, y parece incapaz de adaptarse a las necesidades de trabajadores, empleadores y usuarios. Los conductores de Uber prefieren llevar a cabo sus actividades para esta plataforma porque les permite recibir ingresos esporádicamente, cosa que sería imposible en caso de estar dados de alta como trabajadores de Uber.

A lo largo de la realización de mi investigación he podido identificar que la intención de los legisladores españoles y de la Europa continental es adaptar las nuevas realidades económicas a la legislación preexistente. Desde mi punto de vista, esto es inadecuado. El Derecho debería adaptarse continuamente a la actualidad, de manera que esté en contacto con las necesidades y deseos de la ciudadanía y los mercados.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso Sánchez, Rosalía, & Burillo Sánchez, Francisco José (2017), “La economía llamada «colaborativa»”. En: Alfonso Sánchez, Rosalía; Valero Torrijos, Julián (eds.), *Retos jurídicos de la economía colaborativa en el contexto digital*, Pamplona, Tomson Reuters Aranzadi, pp. 49-72.



- Asociación Española de la Economía Digital (ADIGITAL), SharingEspaña (2017), *Los modelos colaborativos y bajo demanda en plataformas digitales*, Madrid.
- Botsman, Rachel (2010), The case for collaborative consumption, TEDxSydney, [en línea], disponible en: https://www.ted.com/talks/rachel_botsman_the_case_for_collaborative_consumption/transcript?language=es#t-472147, [consultado el 20/08/2017].
- Cebrián Salvat, María Asunción (2017), “Responsabilidad de las empresas de economía colaborativa: competencia judicial internacional y ley aplicable en la Unión Europea”. En Alfonso Sánchez, Rosalía; Valero Torrijos, Julián (eds.), *Retos jurídicos de la economía colaborativa en el contexto digital*, Pamplona, Tomson Reuters Aranzadi, pp. 633-652.
- Código Civil (2005).
- Comisión Europea (2016), *Una Agenda Europea para la economía colaborativa*. Comunicado de prensa, Bruselas.
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) (2016), *Conclusiones preliminares sobre los nuevos modelos de prestación de servicios y la economía colaborativa*, Madrid.
- Comité Económico y Social Europeo (2014), Dictamen del Pleno del Comité Económico y Social Europeo sobre “Consumo colaborativo o participativo: un modelo de sostenibilidad para el siglo XXI”, Bruselas.
- Cruz Villalón, Jesús (2000), “La tutela colectiva por los trabajadores autónomos de sus intereses profesionales”, *Relaciones laborales: Revista crítica de teoría y práctica*, 7 (8), p. 159.
- Dawson, Steve (2018), “How to Drive for Uber – Uber Requirements in 2018.” *Gazette Review*, Minneapolis.
- De Roselló Moreno, Rocío (2017), “La incertidumbre legal en los proyectos de economía colaborativa”, *Abogacía Española*, [en línea], disponible en: <http://www.abogacia.es/2017/03/27/la-incertidumbre-legal-en-los-proyectos-de-economia-colaborativa/>, [consultado el 20/08/2017].
- Derecho en Red (2013), “Características del trabajador”, *Derecho en Red: Derecho Laboral*, [en línea], disponible en: <http://www.derecholaboral.info/2013/03/caracteristicas-del-trabajador.html>, [consultado el 20/08/2017].
- Derecho en Red (2013), “Concepto de empresario en Derecho Laboral”, *Derecho en Red: Derecho Laboral*, [en línea], disponible en: <http://www.derecholaboral.info/2013/03/concepto-de-empresario.html>, [consultado el 20/08/2017].
- Estatuto de los Trabajadores (Real Decreto Legislativo 2/2015, 23 de octubre de 2015).
- Estatuto del Trabajo Autónomo, Ley 20/2007 (BOE nº166, 12 de julio de 2007).



- García Vega, Miguel Ángel (2014), “La imparable economía colaborativa”, *El País*, [en línea], disponible en: https://economia.elpais.com/economia/2014/06/20/actualidad/1403265872_316865.html, [consultado el 20/08/2017].
- Gozzer, Stefania (2015) “Trabajo dice que los chóferes de Uber son empleados de la firma”, *El País*, Madrid.
- Ley 34/2002 sobre los Servicios de la Sociedad de Información y Comercio Electrónico (12 de octubre de 2002).
- Maudes Gutiérrez, Antonio (2017), “Prólogo”. En Alfonso Sánchez, Rosalía; Valero Torrijos, Julián (eds.), *Retos jurídicos de la economía colaborativa en el contexto digital*, Pamplona, Tomson Reuters Aranzadi, pp. 37-46.
- Medina, Miguel Ángel (2014), “Blablacar ya cobra por mediar entre conductores y pasajeros”, *El País*, Madrid.
- Providencia dando traslado a las partes del planteamiento de una cuestión prejudicial ante el Tribunal de Justicia de la Unión Europea, (Juzgado de lo Mercantil núm. 3 de Barcelona 17 de junio de 2015).
- Rivero Lamas, Juan (2000) “La descentralización productiva y nuevas formas organizativas del trabajo”, *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*, p. 77.
- Russell, Jon (2014), “Uber suspends its UberPop ride-sharing service in Spain following a court ruling”, *TechCrunch*.
- Sánchez Tornel, Víctor Manuel (2017), “La tecnología como instrumento de la economía colaborativa: sus implicaciones jurídicas”, *En Retos jurídicos de la economía colaborativa en el contexto digital*, Pamplona, Tomson Reuters Aranzadi, pp.98-99.
- Sawers, Paul (2016) “Uber rolls back into Spain with UberX licensed cab service in Madrid and a fresh attitude”, *VentureBeat*, San Francisco.
- Senneville, Valérie (2015), “Uber : dans les coulisses d’une machine de guerre juridique”, *Les Échos*, Paris.
- Szpunar, Maciej (2017) “Conclusiones del Abogado General de la UE ante la Petición de decisión prejudicial planteada por el Juzgado de lo Mercantil nº 3 de Barcelona”, Luxemburgo.
- Todolí Signes, Adrián (2017), *El trabajo en la era de la Economía Colaborativa*, Valencia, Tirant lo Blanch.
- Walsh, Bryan (2011) “Today’s Smart Choice: Don’t Own. Share”, *TIME*, [en línea], disponible en: http://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,2059521_205971700.html, [consultado el 20/08/2017].

the 1990s, the number of people in the UK who are employed in the public sector has increased from 10.5 million to 12.5 million (12% of the population). The public sector has become a major employer in the UK, and this has implications for the way in which the public sector is managed and the way in which it is funded.

The public sector is a complex and diverse organisation, and it is difficult to define it precisely. However, it can be defined as the part of the economy that is owned and controlled by the state. This includes a wide range of organisations, from the police and the fire service to the NHS and the local authorities. The public sector is a major employer in the UK, and it is also a major provider of public services.

The public sector is a complex and diverse organisation, and it is difficult to define it precisely. However, it can be defined as the part of the economy that is owned and controlled by the state. This includes a wide range of organisations, from the police and the fire service to the NHS and the local authorities. The public sector is a major employer in the UK, and it is also a major provider of public services.

The public sector is a complex and diverse organisation, and it is difficult to define it precisely. However, it can be defined as the part of the economy that is owned and controlled by the state. This includes a wide range of organisations, from the police and the fire service to the NHS and the local authorities. The public sector is a major employer in the UK, and it is also a major provider of public services.

The public sector is a complex and diverse organisation, and it is difficult to define it precisely. However, it can be defined as the part of the economy that is owned and controlled by the state. This includes a wide range of organisations, from the police and the fire service to the NHS and the local authorities. The public sector is a major employer in the UK, and it is also a major provider of public services.

The public sector is a complex and diverse organisation, and it is difficult to define it precisely. However, it can be defined as the part of the economy that is owned and controlled by the state. This includes a wide range of organisations, from the police and the fire service to the NHS and the local authorities. The public sector is a major employer in the UK, and it is also a major provider of public services.

The public sector is a complex and diverse organisation, and it is difficult to define it precisely. However, it can be defined as the part of the economy that is owned and controlled by the state. This includes a wide range of organisations, from the police and the fire service to the NHS and the local authorities. The public sector is a major employer in the UK, and it is also a major provider of public services.

The public sector is a complex and diverse organisation, and it is difficult to define it precisely. However, it can be defined as the part of the economy that is owned and controlled by the state. This includes a wide range of organisations, from the police and the fire service to the NHS and the local authorities. The public sector is a major employer in the UK, and it is also a major provider of public services.

The public sector is a complex and diverse organisation, and it is difficult to define it precisely. However, it can be defined as the part of the economy that is owned and controlled by the state. This includes a wide range of organisations, from the police and the fire service to the NHS and the local authorities. The public sector is a major employer in the UK, and it is also a major provider of public services.



¿Qué horas son estas? Estudio sobre la racionalización de los horarios españoles

/ PRIMER PREMIO

AUTORA | ISABEL MARÍN LÓPEZ

COORDINADOR | ANTONIO LOZANO MONREAL

CENTRO | IES INFANTA ELENA

CIUDAD | JUMILLA

RESUMEN |

Nuestra investigación trata sobre la racionalización de los horarios españoles. Nuestros objetivos principales son: determinar si las preferencias horarias de las personas guardan alguna relación con el actual horario español, comprobar si la actividad productiva está más orientada a la mañana que a la tarde, y por último, conocer la opinión de las personas acerca de un cambio horario en España. Para la realización del proyecto, además de la documentación bibliográfica, se realizó una encuesta basada en el Test de Horne y Ötsberg para determinar el cronotipo de cada persona. Se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado para la elección de a qué población debíamos realizarle la encuesta. El análisis de resultados nos confirmó que la mayoría de los individuos se sentían más productivos por la mañana y que el horario español guarda relación con las preferencias horarias de las personas, que por otro lado, no tenían una opinión acerca de un cambio horario en España.

Palabras clave: Racionalización de horarios, cronotipo, UTC, huso horario.

ABSTRACT |

Our research deals with the time rationalisation in Spain. The main objectives in the project are to determine if the people's preferences are related to the Spanish timetable; to find out in which part of the day individuals feel more productive; and finally, to know their opinion about a possible time change in Spain. To carry out the study, we searched for information. Afterwards, we designed and carried out a survey based on cronotypes, selecting the number of individuals according to a stratified random sampling. The analysis of the results stated that most of the individuals felt more productive in the morning. They also showed that timetable is closely related to Spaniards preferences and that most people do not have a clear opinion about a possible time change in Spain.

Keywords: Rationalisation of time, cronotypes, UTC, time zone.



No cabe duda de la importancia que en la sociedad actual se le da al tiempo. Esta nueva concepción del tiempo como algo valioso, implica una organización coherente y equilibrada del tiempo dedicado a lo profesional y a lo personal.

Viene siendo habitual que cada vez que los españoles tenemos que adelantar o atrasar el reloj una hora para así adaptarlo al horario de invierno o de verano, aparecen en los medios de comunicación numerosas noticias sobre la idoneidad de realizar o no estos cambios horarios y sobre la particularidad de nuestro horario frente a los demás. Nuestros horarios son noticia tanto en España como en el extranjero. Son notables las diferencias entre el horario español y el de otros países europeos, siendo los españoles los que más tarde se van a dormir y los que más tiempo dedican a la comida. ¿Dónde nace la particularidad del horario español? A pesar de que la Península Ibérica se sitúa en el huso horario de Greenwich, España no tiene la hora que le corresponde según su situación geográfica, sino que tiene una hora más de la que le corresponde geográficamente, es decir, tiene la hora UTC+1 y no UTC.

Los objetivos que nos hemos marcado en nuestra investigación son:

- En primer lugar, comprobar si la actividad productiva en las personas ya sea, actividad intelectual o actividad física, está más orientada a la mañana, como creemos, que a la tarde.
- Determinar si existe una relación entre las preferencias horarias de las personas y el actual horario español.
- Por último, conocer la opinión de las personas acerca de un posible cambio horario en España.

Para la realización del proyecto, buscamos información sobre la historia de los horarios españoles, sobre cómo afectaba el horario a la conciliación familiar, a la igualdad entre géneros, al trabajo, a la productividad, y a la economía, entre otros. Además, hicimos una comparación entre las características más destacadas del horario español frente a las características de los horarios de los países europeos, para determinar si esas diferencias afectaban beneficiosamente a la población española.

También se realizó una encuesta basada en el Test de Horne y Ötsberg para determinar el cronotipo (alondra, búho o colibrí) de cada persona, es decir, si sus preferencias horarias se sitúan más en la mañana que en la noche, o viceversa. Además, incluimos una pregunta sobre su opinión de un posible cambio horario en España. Se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado para la elección de a qué población debíamos realizarle la encuesta. Esta encuesta fue realizada por personas de todas las edades en la población de Jumilla.

Los resultados nos mostraban que a mayor edad las preferencias horarias se trasladaban a horas más tempranas, en contraste con lo que sucedía con los más jóvenes. Comprobamos que la mayoría de los encuestados preferían el horario de



8:00 a 14:00 horas. Por otro lado, también pudimos comprobar que las mujeres afirman sentirse más cansadas después de levantarse mientras que los hombres se sienten más cansados antes de acostarse. Además, la mayoría de las personas encuestadas no se posicionaban acerca de un cambio horario en España.

En los gráficos siguientes podemos comprobar los resultados anteriormente mencionados obtenidos tras el análisis de nuestras encuestas y tras nuestro proceso metodológico:

Figura 01

GRÁFICO 03
Distribución por edad.

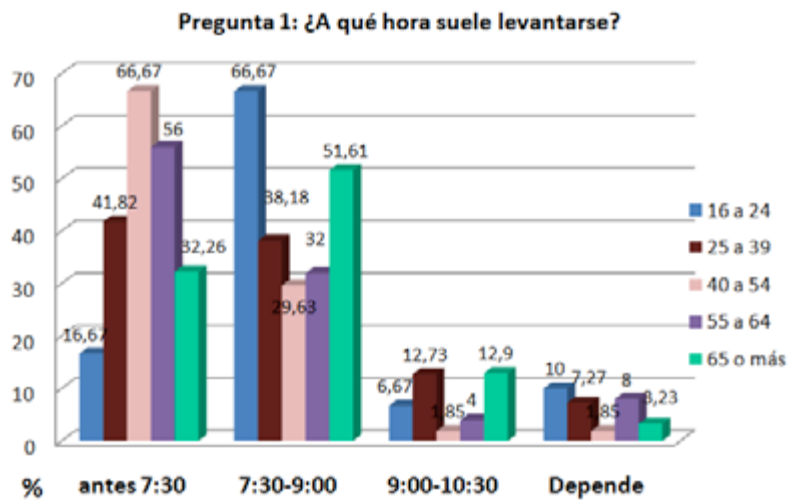


Figura 02

GRÁFICO 05
Distribución por edad.

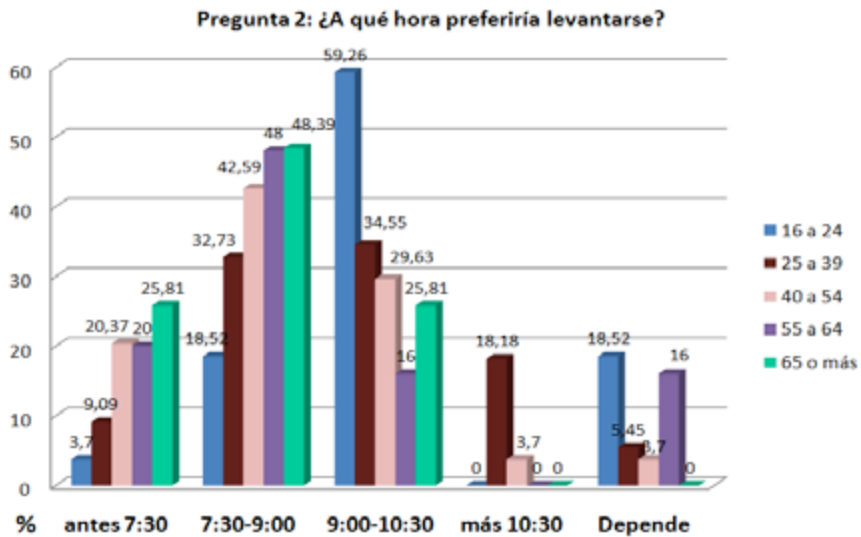




Figura 03
GRÁFICO 09
Distribución por edad.

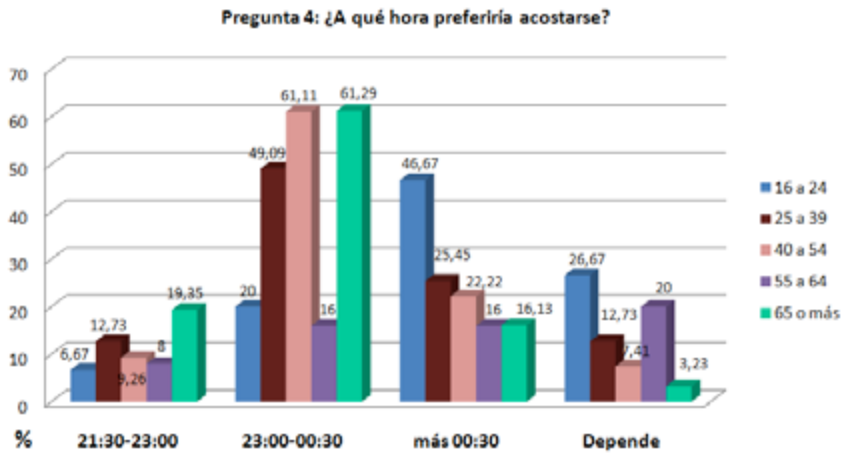


Figura 04
GRÁFICO 17
Distribución por edad.

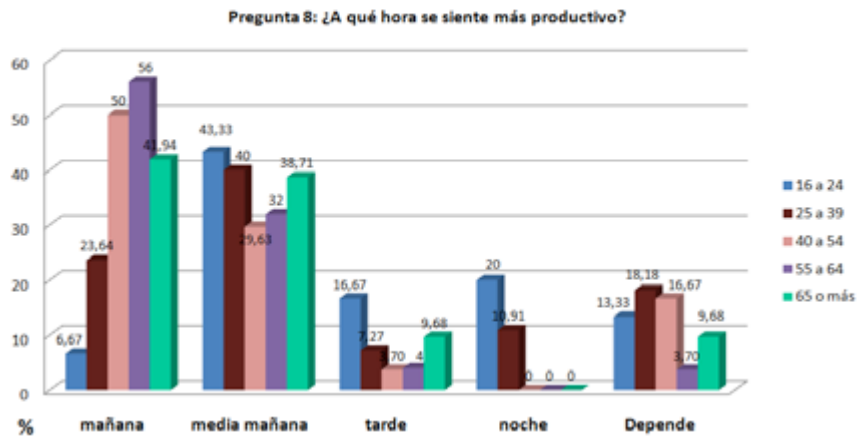


Figura 05
GRÁFICO 18
Distribución por sexo.

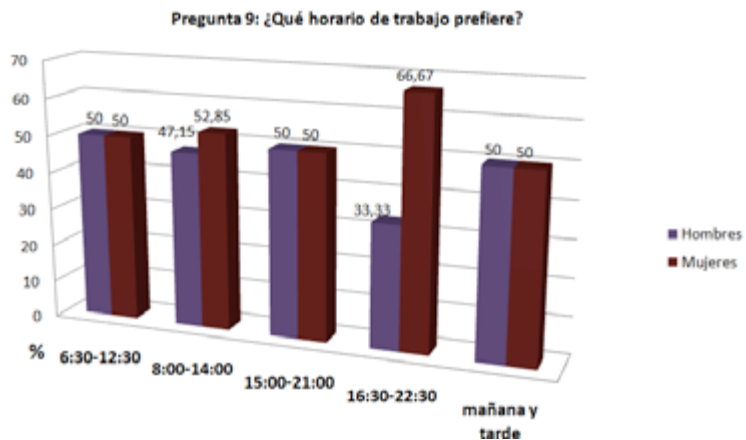




Figura 06

GRÁFICO 20
Distribución por sexo.

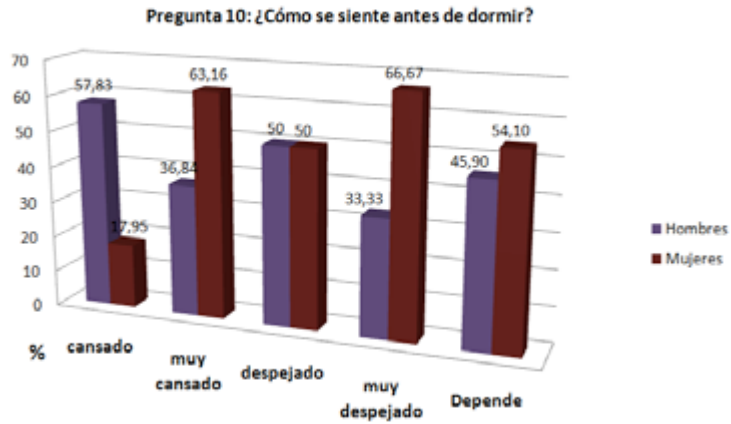


Figura 07

GRÁFICO 22
Distribución por sexo.

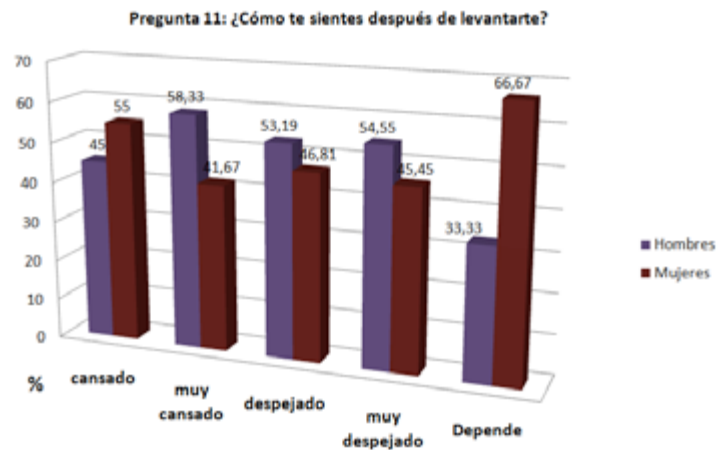
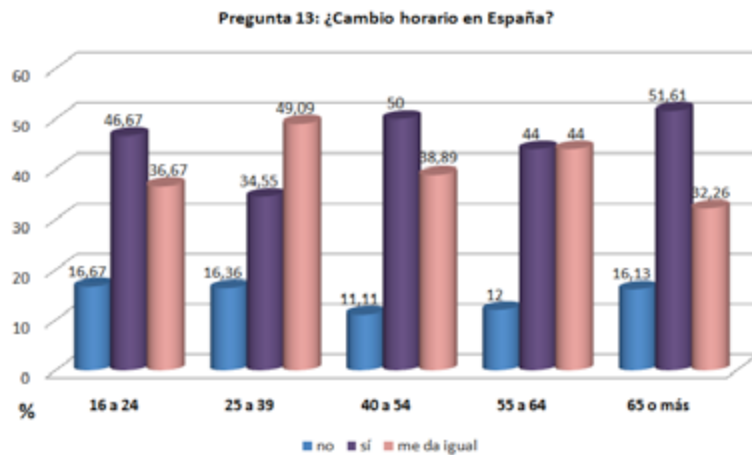


Figura 08

GRÁFICO 28
Distribución por edad.





BIBLIOGRAFÍA

Asociación para la Racionalización de los Horarios Españoles (2005), “España en hora europea”, *Libro Blanco de la Comisión Nacional para la Racionalización de los horarios españoles y su Normalización con los de los demás países de la Unión Europea*. Edita Fundación Independiente. Madrid.

Eurostat, *Database* [en línea], disponible en:
<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

OCDE, Stats, [en línea], disponible en: <http://stats.oecd.org/>.

Ministerio de Igualdad, (2010), *Conciliación de la vida laboral, familiar y personal*. Fundación Mujeres.

Adell, J. M. (2013), “Horarios Racionales Ya”, *VIII Congreso Nacional para Racionalizar los Horarios Españoles*. Zaragoza, 5 y 6 de noviembre de 2013.

Buqueras y Bach, I (2007), “Horarios, Conciliación y Productividad”, *II Congreso Nacional para Racionalizar los Horarios Españoles*. Madrid 6 y 7 de noviembre de 2007.

Khodorovska, Anna, (2015), *La Racionalización de Horarios en España. El tiempo es oro*. Universidad Politécnica de Cartagena.

Ministerio de Empleo y Seguridad Social, (2013), *Jornadas y horarios de trabajo*.

ADECCO (2014), Encuesta sobre Presentismo Laboral.

INE (2010), *Encuesta de Empleo del Tiempo* [en línea], disponible en:
<http://www.ine.es/>.

Instituto de Investigaciones del Sueño en Madrid. (<http://www.iis.es/>)

UGT, (2012), *La racionalización de horarios, la conciliación de la vida personal, familiar y laboral y la corresponsabilidad*.

De Miguel, Amando, (2012), “Horarios, Flexibilidad y Productividad”, *VII Congreso Nacional para Racionalizar los Horarios Españoles*. Madrid, 9 y 10 de octubre 2012.

the 1990s, the number of people with diabetes has increased in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes has risen from 1.5% in 1975 to 5.5% in 1995. The prevalence of diabetes is expected to increase further in the next decades, because of the increasing life expectancy and the increasing prevalence of obesity.

Diabetes is a chronic disease, which is characterized by a deficiency of insulin, or a resistance to the action of insulin. The deficiency of insulin is due to a decrease in the number of β cells in the pancreas, or to a decrease in the insulin secretory capacity of the β cells. The resistance to the action of insulin is due to a decrease in the number of insulin receptors, or to a decrease in the sensitivity of the insulin receptors to insulin.

The most common form of diabetes is type 2 diabetes, which is characterized by a resistance to the action of insulin. Type 2 diabetes is caused by a combination of genetic and environmental factors. The most important environmental factors are obesity and sedentary lifestyle. Type 2 diabetes is a chronic disease, which is characterized by a resistance to the action of insulin. The resistance to the action of insulin is due to a decrease in the number of insulin receptors, or to a decrease in the sensitivity of the insulin receptors to insulin.

The most common complication of diabetes is cardiovascular disease. Cardiovascular disease is caused by a combination of genetic and environmental factors. The most important environmental factors are obesity and sedentary lifestyle. Cardiovascular disease is a chronic disease, which is characterized by a resistance to the action of insulin. The resistance to the action of insulin is due to a decrease in the number of insulin receptors, or to a decrease in the sensitivity of the insulin receptors to insulin.

The most common complication of diabetes is cardiovascular disease. Cardiovascular disease is caused by a combination of genetic and environmental factors. The most important environmental factors are obesity and sedentary lifestyle. Cardiovascular disease is a chronic disease, which is characterized by a resistance to the action of insulin. The resistance to the action of insulin is due to a decrease in the number of insulin receptors, or to a decrease in the sensitivity of the insulin receptors to insulin.

The most common complication of diabetes is cardiovascular disease. Cardiovascular disease is caused by a combination of genetic and environmental factors. The most important environmental factors are obesity and sedentary lifestyle. Cardiovascular disease is a chronic disease, which is characterized by a resistance to the action of insulin. The resistance to the action of insulin is due to a decrease in the number of insulin receptors, or to a decrease in the sensitivity of the insulin receptors to insulin.

The most common complication of diabetes is cardiovascular disease. Cardiovascular disease is caused by a combination of genetic and environmental factors. The most important environmental factors are obesity and sedentary lifestyle. Cardiovascular disease is a chronic disease, which is characterized by a resistance to the action of insulin. The resistance to the action of insulin is due to a decrease in the number of insulin receptors, or to a decrease in the sensitivity of the insulin receptors to insulin.

The most common complication of diabetes is cardiovascular disease. Cardiovascular disease is caused by a combination of genetic and environmental factors. The most important environmental factors are obesity and sedentary lifestyle. Cardiovascular disease is a chronic disease, which is characterized by a resistance to the action of insulin. The resistance to the action of insulin is due to a decrease in the number of insulin receptors, or to a decrease in the sensitivity of the insulin receptors to insulin.

the 1990s, the number of people in the world who are undernourished has increased from 600 million to 800 million (FAO 2001).

There are a number of reasons for this increase. One of the main reasons is the increase in the world population. The world population is expected to reach 8 billion by the year 2025 (UN 2000). This increase in population is putting a strain on the world's food resources.

Another reason for the increase in undernourishment is the increase in the number of people who are living in poverty. In 1990, 1.2 billion people were living on less than \$1 per day. By 2000, this number had increased to 1.6 billion (World Bank 2000).

There are a number of reasons for this increase in poverty. One of the main reasons is the increase in the number of people who are living in developing countries. In 1990, 5.3 billion people were living in developing countries. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

Another reason for the increase in poverty is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

There are a number of reasons for this increase in rural poverty. One of the main reasons is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

Another reason for the increase in rural poverty is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

There are a number of reasons for this increase in rural poverty. One of the main reasons is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

Another reason for the increase in rural poverty is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

There are a number of reasons for this increase in rural poverty. One of the main reasons is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

Another reason for the increase in rural poverty is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

There are a number of reasons for this increase in rural poverty. One of the main reasons is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).

Another reason for the increase in rural poverty is the increase in the number of people who are living in rural areas. In 1990, 5.3 billion people were living in rural areas. By 2000, this number had increased to 6.1 billion (World Bank 2000).



La otra cara de Molina. Radiografía socioeconómica de la pobreza, la mendicidad, los rebuscadores en los contenedores de basura y el “sinhogarismo” en el municipio de Molina de Segura (Murcia)

/ SEGUNDO PREMIO

AUTOR | ALEJANDRO MARTÍNEZ GÓMEZ

COORDINADOR | JUAN CARLOS PARRA ROMERO

CENTRO | IES FRANCISCO DE GOYA

CIUDAD | MOLINA DE SEGURA (MURCIA)

RESUMEN |

La otra cara de Molina es un estudio descriptivo sociodemográfico de la pobreza, la mendicidad y el “sinhogarismo” (personas “sin techo” y personas sin hogar) en el municipio de Molina de Segura (Murcia, España). Para ello se ha entrevistado a 111 personas anónimas que acuden frecuentemente a Cáritas, a Cruz Roja o a los Servicios Sociales del Ayuntamiento, a personas que mendigan en las calles pidiendo limosna, a personas que rebuscan en los contenedores de basura (“*dumpster divers*”) en busca de alimentos o enseres que puedan vender o reutilizar y a las personas “sin techo” que viven en la calle o en lugares abandonados del municipio de Molina.

Palabras clave: Pobreza, mendicidad, rebuscadores de basura, “sinhogarismo”, Molina de Segura (Murcia).

ABSTRACT |

The other face of Molina de Segura is a sociodemographic descriptive study of poverty, begging and homelessness (homeless) in the municipality of Molina de Segura (Murcia, Spain). So as to achieve reliable results, 111 anonymous people who frequently turn to Caritas, Red Cross or the Social Services of the Town Council have been interviewed. This includes people who go begging on a daily basis, those who search for food and things to reuse in the garbage (“*dumpster divers*”), as well as homeless people who live on the street or in abandoned places of the city.

Keywords: Poverty, begging, dumpster divers, homelessness, Molina de Segura (Murcia).



INTRODUCCIÓN

La crisis económica ha afectado de forma desigual a la sociedad española. En los últimos años, en Molina de Segura y en otros lugares de toda España, ha sido muy frecuente ver colas en los Servicios Sociales, en Cáritas y en Cruz Roja, a gente mendigando en las puertas de los supermercados, Iglesias, entidades bancarias o en plena calle, a personas rebuscando en los contenedores de basura incluso a gente viviendo en la calle o en lugares abandonados. Según la estadística de Hacienda (publicadas en Julio de 2016) sobre las declaraciones de la renta (IRPF) del año 2014, Molina de Segura es el municipio de la Región de Murcia más rico con una renta bruta per cápita de 24.992€ (media regional, 21.396€) situándose por encima de la media nacional (24.376€). A pesar de estos datos existe una parte de la población de Molina que no está en esta estadística. Son personas que están en situación de pobreza y en muchos casos se han visto abocados a mendigar, a rebuscar en la basura o incluso a vivir en la calle. Son la otra cara de Molina de Segura a quienes este trabajo de investigación pretende poner rostro.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS DE TRABAJO

El objetivo principal de este trabajo de investigación es realizar una radiografía socioeconómica de la pobreza, la mendicidad, los rebuscadores en los contenedores de basura (los denominados “*dumpster divers*” o buceadores de la basura) y el “sinhogarismo” en el municipio de Molina de Segura (Murcia)¹.

El “sinhogarismo”, según la definición del Observatorio Europeo del “Sinhogarismo” y FEANTSA², incluye a las personas sin techo (PST) que viven en la calle (en parques, puentes, estaciones de autobuses, aparcamientos o en *hall* de edificios) y a las personas sin hogar (PSH) que viven en lugares abandonados o en sitios (albergues, pensiones, casas,..) proporcionados por alguna institución social (Cruz Roja, Cáritas, Servicios Sociales municipales).

Otros objetivos más específicos son:

- Analizar el perfil sociodemográfico de las personas en situación de pobreza, mendicidad y “sinhogarismo” en Molina: edad, sexo, nacionalidad, estado civil,...
- Conocer cómo era su entorno familiar y laboral y cómo es en la actualidad.
- Determinar si existen en Molina de Segura personas “sin techo” (PST) que viven en el espacio público (en parques, en hall de edificios o en espacios deshabitados). Si las hubiese, queremos conocer su perfil sociodemográfico).

1 Municipio de la Región de Murcia situado en la comarca de la Vega Media (a 8 km. de Murcia capital) con una población de 73.091 habitantes (Censo municipal a 21/07/2017, www.molinadesequera.es).

2 FEANTSA: Federación europea de asociaciones nacionales que trabajan con personas sin hogar.



- Analizar las causas principales que les han llevado a estar en esta situación: problemas familiares, pérdida de empleo, rupturas sentimentales, salud,...
- Conocer las necesidades principales de estos colectivos, sus preocupaciones y sus expectativas de futuro y mejora.
- Calcular la tasa de “sinhogarismo” que hay en Molina de Segura y compararla con las cifras que hay a nivel nacional y en la Región de Murcia.
- Comprobar si se cumple en Molina de Segura el perfil sociodemográfico más común del “sinhogarismo” según el Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Analizar la relación entre déficit educativo (bajo nivel de estudios) y la mendicidad y el “sinhogarismo”.
- Elaboración de un mapa físico (de localización) de las personas que ejercen la mendicidad, los rebuscadores de basura y los “sin techo” de Molina de Segura.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

- HIPÓTESIS 1 (H1): “La mendicidad es una actividad ejercida principalmente por mujeres extranjeras”.
- HIPÓTESIS 2 (H2): “Las personas que acuden a los Servicios Sociales, a Cáritas o a Cruz Roja son personas con hijos”.
- HIPÓTESIS 3 (H3): “Los “sin techo” (personas que viven en la calle) en Molina de Segura, si los hubiese, son en su mayoría hombres”.

MATERIALES Y MÉTODOS (METODOLOGÍA)

Para llevar a cabo la investigación se ha realizado un estudio descriptivo observacional transversal utilizando la técnica de la encuesta mediante entrevistas personales (“cara a cara”) a personas anónimas que acuden regularmente a Cáritas, a Cruz Roja y a los Servicios Sociales municipales, a personas que ejercen la mendicidad en las calles, a personas que rebuscan en los contenedores de basura y a personas sin hogar o “sin techo” que viven en la calle o en lugares abandonados de la localidad de Molina de Segura. El trabajo de investigación se ha estructurado en dos partes. La primera parte ha consistido en la elaboración del marco teórico para acotar y delimitar el objeto de estudio y conocer antecedentes e investigaciones previas. La segunda parte ha sido el trabajo de campo para la recogida de la información.

SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETO DE ESTUDIO: LA MUESTRA

Para analizar a este grupo de población se ha utilizado una muestra no probabilística puesto que es una población variable y que en muchos casos cambia de lugar. A los entrevistados, todos anónimos, se les explicó en qué consistía la investigación y se les preguntó si querían participar en ella, informándoles que la información proporcionada sería confidencial. Las personas entrevistadas



han sido localizadas en Cruz Roja, Cáritas y en los Servicios Sociales, en lugares donde habitualmente hay mendigos/as como son las entradas de los supermercados, entidades bancarias, en Iglesias y en los lugares más céntricos de Molina de Segura y el mercado semanal de los sábados. También se ha entrevistado a las personas que hemos encontrado rebuscando en los contenedores de basura (los denominados “dumpster divers”) y a las personas que hemos localizado viviendo en la calle (los “sin techo”) bien en parques, en portales de edificios o en lugares abandonados.

En total han sido identificadas y entrevistadas un total de 111 personas de las que el 8,1% (9) han sido entrevistadas en los Servicios Sociales, el 23,4% (26) en Cruz Roja, el 31,5% (35) en Cáritas, el 18% (20) son mendigos que se han entrevistado en la calle, el 12,6% (14) son rebuscadores en los contenedores de basura y un 6,3% (7) son personas “sin techo (PST)” que viven en la calle.

El análisis estadístico de la información se ha realizado con el programa IBM SPSS Statistics 22 para Windows.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

Los análisis descriptivos nos permiten afirmar que el perfil de las personas en situación de pobreza (personas que acuden a los Servicios Sociales, a Cáritas o a Cruz Roja), mendicidad, rebuscadores de basura y “sinhogarismo” en Molina de Segura es el de una mujer aunque sin apenas diferencias significativas por sexo, predominando las personas de nacionalidad extranjera sobre todo de Marruecos, Rumanía, Nigeria y Bulgaria, por este orden, destacando que no hay personas de países asiáticos y muy pocas de países latinoamericanos a pesar de ser un colectivo muy numeroso en el municipio de Molina. Por nacionalidad, aunque no hay grandes diferencias cuando analizamos a toda la población objeto de estudio, sí que observamos que entre quienes acuden a Caritas, a Cruz Roja o a los Servicios Sociales hay más españoles, mientras que entre los mendigos, los rebuscadores en los contenedores de basura y los “sin techo” hay muchos más extranjeros, principalmente de Rumanía, Marruecos y Bulgaria. Por edad, tienen entre los 31 y 50 años y en su mayoría están solas bien porque se encuentran solteros/as, divorciados/as, separados/as o viudos/as.

La mayoría tiene hijos si bien hemos detectado que casi un tercio de la población analizada no tiene relación con ellos o esta es casi nula. Entre las personas que acuden regularmente a los Servicios Sociales del Ayuntamiento, a Cáritas o/y a Cruz Roja la gran mayoría (el 70%) tiene hijos (Aceptación Hipótesis 2).

Respecto al nivel de estudios, este es muy bajo y apenas hay personas con estudios superiores. Destaca que los “sin techo” tienen un nivel de estudios algo superior a los otros dos colectivos (mendigos y rebuscadores) si bien habría que



profundizar en este aspecto. Analizando el nivel educativo y el abandono de los estudios de gran parte de la población analizada podríamos decir que hay una relación entre déficit educativo (bajo nivel de estudios) y la probabilidad de estar en alguna de estas situaciones aunque habría que profundizar en este aspecto.

Las causas principales de su situación actual son, por este orden, la pérdida del empleo, los problemas familiares y las rupturas sentimentales. En general, son personas que se sienten aislados y solos en especial los “sin techo”. En este último colectivo se observa un desarraigo familiar mucho mayor que en los otros colectivos analizados. Sus necesidades principales son el acceso a la vivienda y tener un trabajo.

LA MENDICIDAD EN MOLINA DE SEGURA

El perfil de la persona que ejerce la mendicidad en las calles de Molina de Segura es el de una mujer entre los 31 y 50 años de edad (destaca que la mitad de los mendigos tiene menos de 40 años) con hijos. En su gran mayoría se encuentran solos (solteros/as, separados/as o divorciados/as) y tienen un nivel de estudios muy bajo. Son mayoritariamente extranjeros/as (el 80%) predominado los procedentes de Rumanía, Marruecos y Nigeria. Los mendigos de nacionalidad española suponen la quinta parte del total (Aceptación Hipótesis 1, “La mayoría de las personas que ejercen la mendicidad son mujeres extranjeras”). No se ha encontrado a ninguna persona ejerciendo la mendicidad de origen asiático ni de países latinoamericanos a pesar de ser, esta última, una colonia muy numerosa en el municipio. Respecto a las causas de su situación actual, estas son la pérdida de empleo y de su vivienda por desahucio y las rupturas sentimentales. Entre sus necesidades principales están el acceso a la vivienda y tener un trabajo.

Hemos observado que entre los mendigos existe una especie de reparto (verbal) de las zonas de mendicidad.

LOS REBUSCADORES EN LOS CONTENEDORES DE BASURA

El perfil de la persona que rebuscan en la basura es el de un hombre, entre los 41 y 50 años de edad, que se encuentra soltero, divorciado o separado en la mayoría de los casos. Predominan los de nacionalidad extranjera principalmente de Rumanía y Bulgaria. Al igual que ocurría con los mendigos, no hay personas de países asiáticos ni de países latinoamericanos rebuscando en la basura. Su nivel de estudios es muy bajo siendo el colectivo con menor nivel de estudios donde casi el 80% no tiene estudios o estos son básicos. Las causas de su situación actual son los problemas familiares y por rupturas sentimentales principalmente. Sus necesidades principales son la vivienda, los recursos económicos, el trabajo y la comprensión de la sociedad. Destaca la existencia de “mercadillos” donde venden lo que encuentran y que existe una especie de “propiedad” de los contenedores entre los rebuscadores.



EL SINHOGARISMO EN MOLINA DE SEGURA

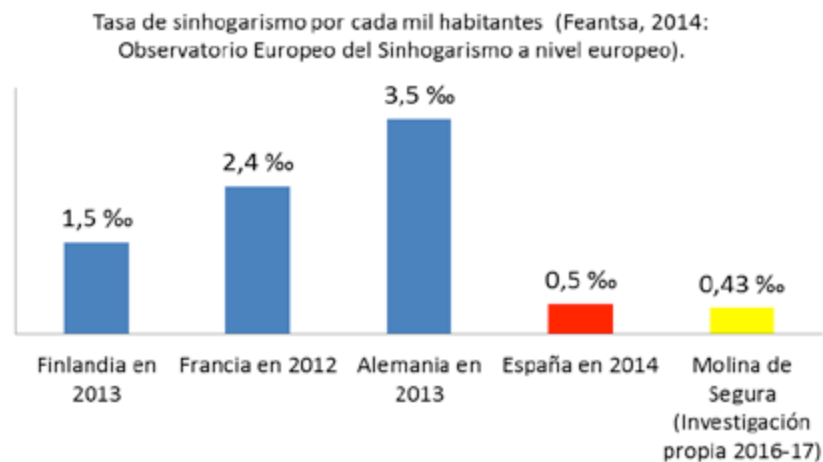
Entre las persona en situación de “sinhogarismo” predominan claramente los hombres de nacionalidad extranjera (especialmente de Marruecos, Rumania, Nigeria y Bulgaria), entre los 31 y 50 años de edad y con hijos. Son personas que se encuentran solas (solteros, divorciados, separados o viudo). Destaca que no hay personas de origen asiático y la poca presencia de países latinoamericanos. Sus necesidades principales son la vivienda y el trabajo. Hay que destacar que son el colectivo que se siente más solo o aislado de la sociedad. Son el colectivo más pesimista respecto a su futuro. Las causas de su situación son los problemas familiares y de pareja y la perdida de la vivienda y del empleo.

ANÁLISIS DE LA TASA DE “SINHOGARISMO”³ EN MOLINA DE SEGURA

Según el Observatorio Europeo del “Sinhogarismo” a nivel europeo (Feantsa, 2014), la tasa de personas sin hogar en España es de la más baja entre los países analizados con una tasa de personas sin hogar del 0,5 por cada mil habitantes (0,5 ‰) frente al 1,5 ‰ de Finlandia en 2013, el 2,4 ‰ de Francia en 2012 o el 3,5 ‰ en Alemania en 2013.

Figura 01

Tasa de “sinhogarismo” (los “sin techo” y las personas sin hogar) según el Observatorio Europeo del “Sinhogarismo” a nivel europeo (Feantsa, 2014) y nuestra investigación (2016-17).



Al realizar esta investigación hemos obtenido que el número de personas en situación de “sinhogarismo” en Molina de Segura es de 31. La tasa de “sinhogarismo” (personas sin hogar y personas sin techo) en Molina de Segura es del 0,427 por mil (0,43‰)⁴. Podemos afirmar que el porcentaje de “sinhogarismo” es ligeramente menor en Molina de Segura que a nivel nacional (España 0,5‰).

³ Tasa de “sinhogarismo”: Número de personas sin hogar y sin techo por cada mil habitantes.

⁴ Población de Molina de Segura según el censo municipal a 16/12/2016: 72.600 habitantes.

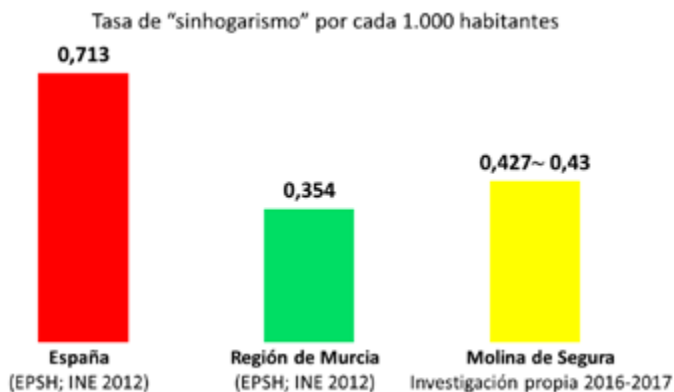


Según la Encuesta a las personas sin hogar realizada por el INE en 2012 (EPSH 2012), la población sin hogar (“sinhogarismo”) en España era de 22.938 personas. Por cada 100.000 habitantes había 71,3 personas sin hogar. Las mayores tasas se sitúan en las ciudades autónomas de Melilla (638,4) y Ceuta (549,9), seguidas de las comunidades de País Vasco (141,3) y Galicia (133). Las menores en Castilla- La Mancha (24,4), Comunidad Valenciana (32,8), Región de Murcia (35,4) y Canarias (48,2).

Por cada mil habitantes tenemos que en España, la población sin hogar (tasa de “sinhogarismo”) es del 0,713 por mil y en la Región de Murcia del 0,354 por mil mientras que la tasa de “sinhogarismo” en Molina es del 0,427 por mil situándose por debajo de la media nacional y por encima de la tasa regional.

Figura 02

Tasa de “sinhogarismo” según el INE (EPSH, 2012) y nuestra investigación (2016-17).



Podemos afirmar que en Molina de Segura se cumple el perfil sociodemográfico más común del “sinhogarismo” según la Encuesta a las Personas Sin Hogar de 2012 del Instituto Nacional de Estadística (EPSH, 2012; INE) que es el de un hombre de mediana edad, soltero, separado o divorciado, con hijos y es, en muchas ocasiones, extranjero. Las principales diferencias encontradas son que en Molina de Segura hay más extranjeros en situación de “sinhogarismo” y el nivel de estudios es más bajo.

LOS “SIN TECHO” EN MOLINA DE SEGURA

Las personas “sin techo” son todos hombres entre los 41 y 60 años de edad, la mayoría con hijos predominando los extranjeros especialmente los procedentes de Marruecos (Aceptación de la Hipótesis 3, “Los sin techo que viven en la calle en el municipio de Molina de Segura son hombres”). En general son personas que se encuentran muy solas (están solteros, separados o divorciados) y son los que menos relación tienen con sus hijos y con familiares (mayor abandono y desarraigo familiar). Tienen un nivel de estudios algo superior si



los comparamos con los mendigos y los rebuscadores en la basura. Son el colectivo más desfavorecido siendo su única fuente de ingresos la limosna y son los que menos ayuda económica reciben de instituciones sociales o de amigos o/y familiares. Además son el colectivo que menos expectativas de mejora tiene y los más pesimistas respecto a su futuro.

DIFERENCIAS ENTRE LOS MENDIGOS, LOS REBUSCADORES DE BASURA Y LOS "SIN TECHO"

Al comparar a los mendigos, los rebuscadores en la basura y los "sin techo" podemos concluir que el rostro de la mendicidad es de mujer mientras que el de los rebuscadores de basura y los "sin techo" es de un hombre siendo más jóvenes las personas que ejercen la mendicidad y más envejecidos los sin techo. Los porcentajes de españoles y extranjeros que se encuentran en estos tres colectivos son muy parecidos si bien entre los mendigos y los rebuscadores de basura predominan los procedentes de Rumania y en los "sin techo" de Marruecos. La mayoría de las personas que pertenecen a estos tres colectivos están solas (solteros/as, separados/as, divorciados/as o viudos/as) siendo más destacado entre los "sin techo" donde todos están en esta situación. Aunque la mayoría tiene hijos destaca que una parte no tiene relación con ellos o esta es casi nula siendo más agravante este hecho entre los sin techo. El nivel de estudios, en general, es muy bajo sin embargo entre los "sin techo" es ligeramente superior. Por último, los "sin techo" tienen menos expectativas de cambio y mejora que los otros dos colectivos y se encuentran más resignados con su situación siendo los más pesimistas respecto a su futuro.

MAPA FÍSICO: MENDIGOS, REBUSCADORES DE BASURA Y "SIN TECHO" EN MOLINA

Los mendigos se concentran (localizan) en las zonas más transitadas de la localidad como son el Paseo Rosales, la calle Estación, el Parque de la Compañía y el centro comercial Vega Plaza, donde en sus alrededores se celebra los sábados el mercado semanal, y a las puertas de los supermercados, Iglesias, bancos y salones recreativos. Los rebuscadores de basura se localizan a las afueras del municipio donde tienen libertad para buscar en la basura sin ser vistos y porque es donde algunos ciudadanos arrojan enseres ya que en el centro no pueden hacerlo y también porque en el centro del municipio algunos contenedores están soterrados. Por último, los "sin techo" se ubican en la entrada de un hotel del municipio que actualmente está cerrado, en el Paseo Rosales donde hay portales y bancos, en el Parque de la Compañía y en otros parques a las afueras del municipio.



- Costa Losa, M. (2010), *El estudio de las personas sin hogar en geografía. Un estado de la cuestión*, Universitat Autònoma de Barcelona, [en línea], disponible en: <http://ddd.uab.cat/pub/dag/02121573v56n3/02121573v56n3p583.pdf>, [consultado el 02/12/2016].
- Encuesta a las personas sin hogar, 2012 (EPSH, 2012), *Instituto Nacional De Estadística (INE)*, [en línea], disponible en: <http://www.ine.es/prensa/np761.pdf>, [consultado el: 20/12/2016].
- Estudio Sobre Las Personas Sin Hogar De La Ciudad De Valencia: Características, Necesidades Y Propuestas De Intervención (2015), *Servicio de Bienestar Social e Integración Ayuntamiento de Valencia*, [en línea], disponible en: [https://www.valencia.es/ayuntamiento/bienestarsocial.nsf/0/9E82BA-895CA28CA2C1257F40004B3106/\\$FILE/Estudio%20sobre%20Personas%20sin%20hogar%20ciudad%20Valencia%202015.pdf?OpenElement&lang=1](https://www.valencia.es/ayuntamiento/bienestarsocial.nsf/0/9E82BA-895CA28CA2C1257F40004B3106/$FILE/Estudio%20sobre%20Personas%20sin%20hogar%20ciudad%20Valencia%202015.pdf?OpenElement&lang=1), [consultado el 23/01/2017].
- Fundación Red e Apoyo a la Integración Sociolaboral (RAIS), (2018), [en línea], disponible en: <https://raisfundacion.org/derecho-vivienda/>, [consultado el: 15/02/2017].
- Marco Fabre, M. (2000), “De transeúntes, vagabundos y mendigos: un estudio sociológico de la indigencia en Zaragoza en el tránsito de siglo”, *Departamento de Psicología y Sociología, Universidad de Zaragoza*, [en línea], disponible en: <http://zaguan.unizar.es/record/12688/files/TE-SIS-2013-135.pdf>, [consultado el 28/12/2016].
- Resusta Rubio, M^a Del Mar (2011), “Perfil de las personas sin hogar alojados en el centro de baja exigencia de Cuenca”, *Facultad de Trabajo Social (UCLM)*, [en línea], disponible en: <http://www.uclm.es/bits/archivos/trabajos/M%-C2%AADEL%20MAR%20RESUSTA%20RUBIO.pdf>, [consultado el 15/11/2016].
- Volker Busch-Geertsema, Lars Benjaminsen, Maša Filipovič Hrast and Nicholas Pleace (2014), “Extent and Profile of Homelessness in European Member States (EOH)”, *Comparative Studies on Homelessness: Number 4 – 2014, European Observatory on Homelessness*, Brussels-December 2014, [en línea], disponible en: http://www.feantsaresearch.org/download/feant-sa-studies_04-web24451152053828533981.pdf, [consultado el 11/12/2016].



La sanidad no es un gasto, es una inversión

/ TERCER PREMIO

AUTORA | MARÍA JESÚS JIMÉNEZ MELERO

COORDINADORA | AMPARO IBÁÑEZ HERRERA

CENTRO | IES INFANTA ELENA

CIUDAD | JUMILLA

RESUMEN |

El presente trabajo aborda las diferencias entre el Sistema Sanitario Estadounidense y el Sistema Sanitario Español. El objetivo principal que se trata de conseguir es obtener un entendimiento lo más completo posible entre ambos sistemas y establecer las principales diferencias entre ellos.

Palabras clave: Sistema, sanitario, EEUU, España, sanidad, inversión.

ABSTRACT |

The present work approaches the differences between the Sanitary American System and the Sanitary Spanish System. The principal aim is to obtain an understanding between both systems as complete as possible and to establish the principal differences between them.

Keywords: Health, sanitary, system, USA, Spain, investment.



INTRODUCCIÓN y ANTECEDENTES

En este proyecto titulado “Sistema Sanitario Español vs Estadounidense” realizaremos un estudio comparativo de ambos sistemas de salud y estableceremos las principales diferencias entre ellos en cuanto a financiación, acceso y prestaciones y estudiaremos las características y el funcionamiento interno de cada uno de ellos.

El Sistema Sanitario de España es un referente para muchos países por su calidad, es decir por sus buenos resultados y su bajo coste en comparación con el de otros países de nuestro entorno, y además presenta tres características principales que demuestran la bondad del sistema: universalidad, solidaridad y equidad, que nos permiten gozar de una Estado de Bienestar que a pesar de tener muchos defectos es universal y equitativo.

Las características son totalmente contrarias al Sistema Sanitario de Estados Unidos conocido por ser el más caro del mundo. La mayor diferencia entre Estados Unidos y nuestro país es la inexistencia de cobertura de seguro de salud universal de seguros, es decir, en Estados Unidos, no todo el mundo tiene derecho a la atención médica.

¿Por qué decidí llevar a cabo este trabajo? El documental de Michael Moore, titulado *Sicko* me inspiró a llevar a cabo este trabajo. Michael Francis Moore es un cineasta documentalista y escritor estadounidense conocido por sus documentales que tratan sobre denuncias acerca de los aspectos más oscuros de la sociedad estadounidense. En el documental *Sicko*, habla acerca de los problemas que el estadounidense vive diariamente en cuestión económica con respecto a su salud; podemos observar que casos de salud mínimos pueden ser causa de un considerable gasto económico además ofrece comparaciones del modelo sanitario de EEUU y el de otros países.

Al ver *Sicko*, uno puede hacer un análisis crítico sobre los distintos sistemas de salud que existen en el mundo y así poder hacer una comparación con el de los Estados Unidos. Por eso decidimos llevar a cabo este trabajo y comparar el sistema estadounidense con el español. En el documental salen situaciones verdaderamente surrealistas que parecen propias de una película cómica, pero tenemos la certeza de que verdaderamente suceden en los Estados Unidos debido a su sistema sanitario.

LA SANIDAD EN ESPAÑA

El Sistema Sanitario de España es un referente para muchos países por la calidad, es decir, sus buenos resultados en salud y su bajo coste en comparación con el de otros países de nuestro entorno y además presenta tres características principales que demuestran la bondad del sistema: sus principios de universalidad, solidaridad y equidad. También hay que reconocer que el sistema recibe



muchas críticas, como el despilfarro de dinero, profesionales desmotivados que persiguen más el interés propio que el general y sobre todo se tacha a la gestión pública de ineficaz aludiendo además a que los ciudadanos hacen un uso inadecuado de los servicios sanitarios.

Todo esto, para muchos, se traduce en que el resultado es un sistema insostenible. Pero a pesar de todas estas críticas es indiscutible que en España gozamos de un Estado de Bienestar y tenemos un sistema sanitario que a pesar de tener muchos defectos es universal y equitativo. En este punto 1 hablaremos del Sistema Sanitario Español, sus características principales, ¿quién tiene acceso al sistema?, ¿de qué servicios disponemos los españoles?, y otros muchos aspectos que caracterizan al Sistema español. También analizaremos el gasto sanitario público y por último haremos hincapié hablando de la sostenibilidad de la que tanto se habla respecto a nuestro sistema sanitario.

SISTEMA DE SALUD EN NUESTRO PAIS

El sector sanitario puede ser considerado como uno de los principales sectores productivos de la economía española. Sólo el sector público representa más de un 5% del PIB y emplea a más de un millón de personas. Para él se gestiona un presupuesto que ronda los sesenta mil millones de euros (en países como Portugal o Irlanda esta cantidad representaría prácticamente el total de gasto público). Algunos datos favorables de nuestra sanidad:

- La esperanza de vida de los españoles es la más alta de Europa (1,3 años superior al promedio).
- Los resultados clínicos están al nivel de los países más avanzados (mismas tasas de supervivencia al cáncer que en Suecia, Francia o Alemania).
- Además, su coste es de los 4 más bajos en Europa en términos de gasto total sobre el PIB y el segundo más bajo si lo compramos en términos de gasto per cápita.
- Por último, es referente internacional por su universalidad y nivel de acceso en comparación con otros muchos países desarrollados.

ACCESO AL SISTEMA

El acceso al sistema sanitario es uno de los aspectos en los que más se diferencia el sistema de salud de EEUU con el español, pues la situación es muy diferente. El Ministerio de Salud y Consumo español establece que “el acceso a los servicios sanitarios públicos se realiza a través de la Tarjeta Sanitaria Individual, que es el documento que identifica a cada ciudadano como usuario en todo el Sistema Nacional de Salud.”

Tienen derecho a la asistencia sanitaria pública:



- Todos los españoles y los extranjeros en territorio nacional. Artículo 1.2 de la Ley Orgánica 4/2000, de 11 de enero.
- Los ciudadanos de los Estados miembros de la Unión Europea.
- Los ciudadanos de Estados no pertenecientes a la Unión Europea que tienen derechos que le reconozcan las leyes, los tratados y los convenios suscritos.

LA SANIDAD EN EEUU

El sistema de atención a la salud de los Estados Unidos es el más caro del mundo. La mayor diferencia entre los Estados Unidos y otros países industrializados es la ausencia de cobertura de seguro de salud universal. En los EEUU no todo el mundo tiene derecho a la atención médica. El sistema de salud de los Estados Unidos es único entre los países industrializados avanzados. Solo recientemente promulgaron una legislación que obliga a la cobertura de salud para casi todo el mundo (La ley 'Obamacare'). En lugar de operar un servicio de salud nacional con un solo pagador o un fondo universal de seguro de salud universal, el sistema de salud de los Estados Unidos se puede describir como un sistema híbrido. La mayoría de los servicios, incluso los financiados públicamente se prestan de forma privada. La atención de la salud en los Estados Unidos es proporcionada por muchas organizaciones distintas.

Los establecimientos de salud son operados por empresas del sector privado. El 58% de los hospitales comunitarios de los Estados Unidos son sin fines de lucro, el 21% pertenece al Gobierno y el 21% tiene fines de lucro. Sin embargo, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), Estados Unidos gastó más en asistencia sanitaria per cápita (\$ 8.608), y más en salud como porcentaje de su PIB (17,2%) que cualquier otra nación. El Gobierno financió 64,3% del gasto en salud en 2013, financiado a través de programas como Medicare y Medicaid, el Programa de Seguros para Niños y la Veteranos Health Administration. Las personas menores de 65 años adquieren un seguro a través de sus empleados o de un miembro de su familia, mediante la compra de un seguro de salud por su cuenta, y si no se da ninguno de estos casos, no tendrán seguro médico.

En este punto profundizaremos en todos los aspectos que hemos comentado anteriormente: las principales características del Sistema Sanitario estadounidense, cómo se financia la sanidad, cómo acceden los ciudadanos a los servicios de que disponen. Además, analizaremos los programas públicos propuestos por el Gobierno. Por último, un breve análisis sobre el gasto sanitario y comentaremos la famosa reforma del sistema propuesta en 2010 por el presidente Obama, conocida como 'Obamacare'.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SANIDAD EN EEUU

En primer lugar, debemos destacar una diferencia importante entre España y EEUU. Mientras que en la Constitución de EEUU no se hace mención alguna



a la asistencia sanitaria de los ciudadanos –únicamente se nombran conceptos como bienestar, defensa de los ciudadanos-, en el caso de la Constitución Española se reconoce “el derecho a la protección de la salud”, al igual que se establece que “compete a los poderes públicos organizar y tutelar la sanidad pública a través de medidas preventivas y de las prestaciones y servicios sanitarios” (Constitución Española. Capítulo Tercero, de los principios rectores de la política social y económica, Artículo 43). Partiendo de esto podemos establecer que los sistemas serán completamente diferentes en su estructura, financiación y funcionamiento. A continuación explicaremos las principales características del sistema de salud estadounidense, destacando las diferencias más importantes respecto al sistema español.

ACCESO AL SISTEMA SANITARIO

Tener acceso a la asistencia sanitaria en los Estados Unidos requiere que el paciente tenga un seguro médico. Sin embargo, existen centros donde se puede obtener asistencia médica sin seguro médico, pero puede que el paciente tenga que pagar más dinero por los servicios sin la asistencia económica del seguro médico. Para los que tienen un seguro médico, muchas veces tienen que pagar una prima mensual, por algunos de los servicios y muchas veces hay que pagar un copago por consultas clínicas o un porcentaje del coste total del servicio. Todos estos factores varían según la compañía y el tipo de plan que se tenga.

PRESTACIONES DEL SISTEMA EN ESPAÑA Y EN ESTADOS UNIDOS

ESPAÑA

Las actuales prestaciones del Sistema Nacional de Salud fueron expuestas en el Real Decreto 63/1995. Son las siguientes:

- En el actual Sistema no se exigirá un examen previo del estado de salud de la persona para tener derecho a las prestaciones.
 - La asistencia se extiende a todo el estado, incluso a otros países.
 - No existe periodo de carencia respecto al acceso de ninguna de las prestaciones.
 - Las hospitalizaciones están aseguradas y se extenderán hasta el momento del alta, no importa el tiempo de la estancia en el hospital u otras estancias durante el año.
 - Los usuarios de los servicios sanitarios no contribuyen al coste de estos cuando los utilizan. El Sistema Nacional de Salud funciona mediante transferencias ya que los usuarios no desembolsan el dinero en el momento que la asistencia sanitaria se produce, si no que han contribuido previamente mediante transferencias. Existen algunas excepciones como los medicamentos prescritos por los cuales se abonará el cuarenta por ciento del precio excepto los pacientes hospitalizados y las personas pensionistas que no pagaran en ningún caso el importe correspondiente a los medicamentos consumidos. Dentro de las prestaciones las habrá completamente financiadas por el



Sistema como la medicina general, las especialidades, urgencias, tratamientos y estancias en el hospital, y otras no financiadas como la asistencia dental.

ESTADOS UNIDOS

- Al contrario que en España, el sistema estadounidense ofrece amplios servicios pero no están bajo el amparo de la sanidad pública.
- La financiación no procede de los impuestos aportados por los ciudadanos si no que han de ser costeados por ellos mismo.
- Los servicios ofrecidos varían según el plan médico que se elija pero no dependiendo de la necesidad inminente del paciente.
- Los costes son bastante caros y se van incrementando por otras necesidades colaterales al mismo.

Además en el caso de urgencias existe EMTALA (Emergency Medical Treatment Active Labor Act) que es la ley que regula cómo y cuándo se le puede negar tratamiento al paciente o transferirlo a un hospital cuando está en una condición médica inestable. La ley solo se aplica a los “hospitales participantes” es decir, en los hospitales que han entrado en “acuerdos de proveedor” lo que quiere decir que se aplica a casi todos los hospitales en EEUU.

Sin embargo, en España todos los servicios están financiados por fondos estatales provenientes de los impuestos pagados por los ciudadanos por lo que todo el servicio es gratuito. Además en España los servicios de urgencias se dan en los casos que se precisa atender al paciente de manera inmediata y no solo tiene lugar en los centros sanitarios. De ser necesario, se enviará una ambulancia o incluso un helicóptero para recoger al paciente y trasladarlo al centro de salud más cercano.

GASTO SANITARIO ESPAÑA VS EEUU

En este punto compararemos el gasto sanitario en España con el de EEUU en el contexto internacional, es decir, entre todos los países de la OCDE. El gasto sanitario total (sin distinguir si su fuente de financiación es privada o pública) para los 27 países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) ascendió en el año 2010 a casi 5 billones de dólares, esta cifra multiplica por más de tres la correspondiente al año 1991, pero el dato más sorprendente es que Estados Unidos acapara más de la mitad del gasto combinado de los 27 países.

En relación con el producto interior bruto (PIB), el gasto sanitario medio de los países de la OCDE supuso el 9,8% en 2010. El grado de dispersión de dichos valores es notable ya que el recorrido absoluto representa 11 puntos porcentuales entre Estados Unidos con un gasto del 17,6% del PIB y México donde solo representa el 6,2% del PIB.



En España el gasto sanitario sobre el PIB supone un 9,6% y se acerca mucho a la media de la OCDE. Ese valor sitúa a España en duodécimo lugar entre los países con mayor gasto sanitario en relación con su PIB, empatando con Suecia y Reino Unido. Estados Unidos encabeza la clasificación, siendo uno de los países que más gasta en sanidad (17,6%) en relación a su PIB. En España el gasto medio en sanidad por habitante fue 3.056 dólares en 2010 mientras que en Estados Unidos fue 8.233, es decir, más del doble.

¿QUÉ HACE A ESTADOS UNIDOS TAN DIFERENTE?

GASTO EN SALUD Y CAUSAS DE UN SISTEMA TAN CARO

Para empezar, nadie paga más dinero por un tratamiento médico o por un medicamento que un paciente estadounidense. Esto no está relacionado con el número de veces que los estadounidenses acuden al hospital o a la consulta, sino con el modelo de distribución de la sanidad nacional. La causa principal de que la sanidad en Estados Unidos sea tan cara es que mientras en España tenemos un órgano central, público, que negocia en beneficio de 63 millones de personas, en EEUU son muchas aseguradoras y hospitales por separado. La consecuencia de esto, es que los países europeos, con sus modelos sanitarios mayoritariamente públicos, consiguen comprar herramientas y medicinas a precios más baratos, por pura cuestión de escala. Si tienes un mercado de 80 millones de habitantes, tienes una posición negociadora fuerte. En Estados Unidos cada aseguradora y hospital va por su cuenta, de modo que hay miles de negociadores con un mercado muy fragmentado y así los distribuidores pueden imponer su ley.

Mientras que algunos países desarrollados tienen un plan de seguro de asistencia sanitaria para todo el mundo, donde el gobierno fija los precios o supervisa las negociaciones de los precios, en los EEUU las compañías de seguro con fines de lucro mandan. Veinte centavos de cada \$1 va, no va la atención médica, si no a la comercialización, suscripción, administración y beneficio. En un sistema donde el gobierno no negocia los precios bajos, los precios serán más altos. En un sistema donde las empresas con fines de lucro necesitan márgenes de beneficio y publicidad, los precios serán más altos. La causa de los precios tan altos en sanidad es que Estados Unidos no tiene un cuerpo central que negocie con hospitales y con fabricantes de medicamentos. En EEUU cada plan de seguros negocia individualmente con hospitales, médicos y compañías farmacéuticas para fijar sus propios precios y diferentes aseguradoras terminan pagando precios muy diferentes. Un sistema fragmentado significa pagar más por cada tipo de atención médica que reciben.

METODOLOGÍA

En este punto de la investigación explicaremos los pasos que hemos ido realizando para llevar a cabo nuestros objetivos y sacar las conclusiones del trabajo.



Lo primero que hicimos fue documentarnos leyendo y consultando diferentes investigaciones y tesis similares al objeto de nuestro estudio. Una vez obtenido un amplio conocimiento acerca del funcionamiento del Sistema Sanitario Español y del Sistema Sanitario Estadounidense determinamos qué puntos íbamos a tratar en nuestra investigación.

Después contrastando la información de trabajos, tesis y otras fuentes de información seleccionadas, redactamos nuestro marco teórico centrándonos en la fuente de financiación, el acceso, las prestaciones, el gasto sanitario y reformas llevadas a cabo en ambos sistemas. Tras realizar el marco teórico llegamos a la conclusión de que el Sistema Sanitario Español era más beneficioso para los ciudadanos puesto que tiene dos características fundamentales para que sea un sistema de bienestar, estas características son su universalidad y solidaridad. Llegados a este punto decidimos elaborar una encuesta con el objeto de comprobar si los ciudadanos de Jumilla percibían y valoraban el Sistema Sanitario Público de forma positiva y negativa y así hacernos una idea de qué fallos y qué virtudes tiene nuestro Sistema Sanitario Público en cuanto a la opinión de los ciudadanos. Además de las preguntas de valoración del sistema de salud formulamos otras para saber si los ciudadanos prefieren un servicio privado o público dependiendo de diferentes aspectos.

Una vez aclarado el objetivo de nuestra encuesta, decidimos que para llevarlo a cabo deberíamos encuestar a toda la población de Jumilla, pero el tamaño muestra era demasiado grande y no teníamos tiempo y sobre todo recursos suficientes para encuestar a toda la población por lo que decidimos realizar un sondeo en lugar de una encuesta. Pasamos la encuesta a 125 personas de diferente sexo y edad, previamente validamos la encuesta para comprobar que las preguntas nos ayudarían a alcanzar nuestros objetivos. La encuesta llevada a cabo consta de 12 preguntas necesarias para alcanzar los objetivos que nos proponíamos.

CONCLUSIONES

Tras el análisis detallado del funcionamiento así como gasto de los Sistemas Sanitario Español y americano, las conclusiones que establezco son las siguientes:

- El Sistema Sanitario Español a largo plazo resultará insostenible, por ello quienes lo administran junto con quienes imponen las leyes deberán plantear reformas no solo con el objetivo de solucionar el problema de la sostenibilidad sino también teniendo en cuenta que las reformas que se hagan no pueden alterar las bases de universalidad, solidaridad y equidad, en las que se sostiene nuestro sistema.
- El Sistema Sanitario Español cuenta con una cobertura sanitaria extensa y completa tanto en atención primaria, especializada como en servicios de hospitales y lo más importante es que resguarda a todo el mundo independientemente de su condición tanto económica como personal ya que los servicios se dan dependiendo de la necesidad del paciente no de las contribuciones al sistema.



- Estados Unidos gasta más en salud por habitante y como porcentaje de su PIB y por habitante que ningún otro país. Sin embargo, el acceso a la sanidad es restringido, los servicios públicos son mínimos o insistentes y la esperanza de vida de los ciudadanos es más baja que en países que gastan mucho menos.
 - La alianza de aseguradoras y hospitales y un mercado fragmentado donde los precios no los impone el gobierno es lo que da lugar a que la Sanidad en Estados Unidos sea tan cara.
 - Según los encuestados, nuestro Sistema Sanitario Público falla en cuanto a eficacia y rapidez, las largas listas de espera y la rapidez con la que los pacientes son atendidos es lo que hace que muchos ciudadanos que pueden permitírselo prefieran un servicio privado.
 - Los encuestados valoran muy positivamente los medios y la tecnología que nuestro sistema dispone y consideran que el personal sanitario está bien capacitado.
-

BIBLIOGRAFÍA

- Abellán Perpiñán, J. (2013), *El sistema sanitario en España y sus comunidades autónomas*, Bilbao: Fundación BBVA.
- Catalá González, M. (2010), *Análisis comparativo de la sanidad española y estadounidense*, Universidad Politécnica de Valencia: ADE. Disponible en: <http://TFCMERCEDESCATALÁv12.pdf> [consultado 26/10/2010].
- Castrodeza Sans, J. and Juárez Arias, J. (2016), *Reflexiones sobre el presente y el futuro del sistema sanitario en España*. Madrid.



“Llevarse a la novia”. Usos matrimoniales en una comunidad rural. Lorquí (1934 - 1983)

/ TERCER PREMIO

AUTOR | JOSÉ JESÚS ABENZA GARCÍA

COORDINADOR | GABRIEL GARCÍA ROSAURO

CENTRO | IES FRANCISCO DE GOYA

CIUDAD | MOLINA DE SEGURA

RESUMEN |

El “llevarse a la novia” fue una práctica matrimonial extendida principalmente por zonas de la Mancha, Murcia y Andalucía. Básicamente se trataba de soslayar los rituales establecidos del matrimonio católico tradicional, una práctica que entraba en conflicto con los rituales matrimoniales de la época.

Palabras clave: Honor, honra, embarazo, fugarse, motivos económicos, *statu quo*.

ABSTRACT |

“Taking the bride” was a kind of marriage spread mainly in areas like La Mancha, Murcia and Andalucía. Basically, it was a question of avoiding the established rituals of traditional Catholic marriage, a practice that conflicted with the marriage rituals of the time.

Keywords: Honor, pregnancy, escape, economic reasons, *statu quo*.



INTRODUCCIÓN¹

He elegido investigar sobre la práctica de “llevarse a la novia” porque desde siempre me han interesado los temas sociales como base para comprender la historia local.

Nunca creí que la práctica de “llevarse a la novia” pudiera ser digna de estudio hasta que en primero de bachillerato mi profesor de historia, Gabriel, me insistió mucho en este tema por sus múltiples connotaciones. Gabriel me insistió que “llevarse a la novia” era un tema muy poco trabajado y bastante interesante.

Comencé a investigar el tema y me interesó bastante todo lo que iba descubriendo, pese a que la gente del pueblo era reacia a contar muchas de las particularidades de esta práctica.

EL SIGNIFICADO DE LLEVARSE A LA NOVIA

La costumbre de “llevarse a la novia” se ha ido perdiendo a consecuencia de evolución social y económica y el papel de la mujer en la sociedad española, según manifestó el etnólogo Manuel Sánchez Martínez en el XXXIV Festival Internacional de Folklore en el Mediterráneo. El “llevarse a la novia” era un fenómeno muy arraigado en aldeas y zonas rurales y ha sido muy estudiado por antropólogos como Joan Frigolé o Juan Ortín. Básicamente, consistía en que el chico se fugaba con su novia para evitar los rituales establecidos de una boda y, especialmente, los gastos que conllevaba. Sus protagonistas eran en su mayoría jóvenes jornaleros del campo y personas de las clases más humildes que no tenían recursos para celebrar una boda como la de las clases más adineradas.

Al día siguiente, la pareja visitaba a los padres de ella y éstos mostraban su enfado, tanto en privado como en público, “para que los vecinos se enteraran ya que si no se daba a conocer, el rito no tenía validez”. En otros casos, se llevaba a la novia ante el rechazo paterno a las relaciones y se forzaba la boda ya que la joven “se suponía que había dejado de ser virgen”. En ocasiones esas uniones, que no siempre obtenían la aceptación de la comunidad, no se formalizaban nunca por la iglesia ya que “para la comunidad estaban casados desde que se fugaban”.

En algunos casos, y por motivos burocráticos y económicos, formalizaban legalmente la relación cuando necesitaban presentar documentación para solicitar ayudas por matrimonio o hijos. En palabras de Manuel Sánchez “era habitual que los curas se negaran a casarlos, o si lo hacían era de forma oculta, por la noche, y sin acompañantes”. En la década de los 50 el fenómeno, considerado como modelo matrimonial “consuetudinario”, se extendió. Por este motivo los curas, ante el temor de que “los jóvenes vivieran en pecado” se vieron obligados

¹ Documentación basada en entrevistas inéditas.



a tomar como costumbre el hacer una ceremonia rápida, con pocos testigos, obviando las amonestaciones previas.

Esta costumbre comenzó a desaparecer cuando la sociedad rural abandonó el campo y buscó salidas laborales a través de la emigración y la mujer se culturizó.

El “llevarse a la novia” fue una práctica tradicional de matrimoniar en la zona que vamos a estudiar. Hay que decir de principio, que esta práctica tenía claros condicionantes sociales, religiosos y económicos.

En primer lugar hay que tener en cuenta que nos encontramos en una sociedad con unos valores arraigados en la cultura rural, en la que la mayoría de las mujeres pasaban de vivir junto al padre a hacerlo con el marido. Esto significaba que la única forma de independizarse los jóvenes de sus familias respectivas era mediante el matrimonio. Además, existían valores como la honra y el honor que eran básicos en las relaciones interpersonales y de grupo.

¿QUÉ SIGNIFICABA ESTO?

Una mujer que hubiera estado en contacto con otro hombre solo puede convertirse en esposa del mismo para mantener su honra intacta. Al mismo tiempo, todo hombre que haya tenido contacto carnal con una mujer está obligado, por su honor, a convertirse en su esposo; nada que ver con nuestro mundo de hoy. Con todo esto queremos decir que el matrimonio era no solo una situación habitual sino necesaria y deseada para pasar de la vida joven a la de adulto, más cuando las circunstancias económicas de la larga posguerra civil española y las necesidades más perentorias de las familias obligaban a los padres a retrasar el matrimonio de sus hijos.

Ante todos estos condicionantes, la práctica de “llevarse a la novia” se convirtió en una fórmula viable de forzar el matrimonio y apaciguar las tensiones de una sociedad como la del pueblo que intentamos aprehender.

¿CÓMO CONSEGUIR EL TAN ANSIADO MATRIMONIO?

La respuesta es aparentemente muy sencilla: se trataba de retrasar la hora de llegada a la casa paterna o salir del pueblo juntos al anochecer o reunirse los novios en casa de terceros. Solo en las últimas décadas se extendió la práctica de pasar una noche juntos sin que lo supieran los padres. No cabe duda que en una sociedad donde la honra y el honor marcan su ley, los motivos anteriores eran suficientes para que los padres se sintieran obligados a casar a sus hijos. Indirectamente era una práctica beneficiosa para todos ya que los novios conseguían su independencia respecto a los padres. Además, los progenitores se ahorraban los gastos de la boda puesto que el matrimonio se celebraba a tempranas horas de la mañana y a hurtadillas, lo que hacía que no fuera socialmente aceptable que se celebrase un gran banquete después de una ceremonia “vergonzante”.



En la década de los 80 del pasado siglo, con el comienzo de la liberación sexual de la mujer, el matrimonio como vía de emancipación familiar perdió su sentido. En consecuencia, las relaciones prematrimoniales se fueron extendiendo y el matrimonio se fue retrasando hasta el momento en el que las parejas habían conseguido estabilidad económica y profesional. Esto llevó a que la práctica de “llevarse a la novia” dejara de ser útil y necesaria.

Decir por último que el contexto histórico en el que se enmarca el fenómeno de “llevarse a la novia” lo situamos en la Segunda República, la Guerra Civil Española, en la dictadura franquista y, en menor medida, en la transición democrática. Si hablamos de la localidad de Lorquí, hay que decir que la práctica de “llevarse a la novia” fue mayor en las primeras décadas del régimen franquista y que fue decayendo en las finales para desaparecer progresivamente una vez llegada la democracia.

¿QUÉ PASÓ DURANTE ESTE PERIODO EN EL ÁMBITO LOCAL?

Al principio, la penuria económica fue común a toda España, sometida toda ella al boicot de las potencias aliadas democráticas: las cartillas de racionamiento, el estraperlo y la escasez de productos de primera necesidad fueron tan comunes en Lorquí como en el resto del territorio nacional. En el caso de Lorquí la situación contrastaba, abiertamente, con la de relativa prosperidad que se experimentó en las dos décadas precedentes. Entre éstas hemos de hablar de la pionera: la fábrica de D. Juan de la Cierva, el célebre cacique murciano, en el paraje de la Arboleda perteneciente a la pedanía de los Palacios Blancos. Ésta se puso en funcionamiento en 1919 y pronto experimentó un alto crecimiento que redundó en una fuerte demanda de mano de obra, sobre todo femenina. A ella acudieron mujeres tanto de Lorquí como de los pueblos del Valle de Ricote, de las pedanías de Molina de Segura y hasta de Fortuna. Esto supuso una entrada extraordinaria de dinero en las familias que redundó en una mejora general del nivel de vida. Junto a esta fábrica, se iniciaron, también, las de los hermanos Matías y Eduardo Martínez Carbonell.

En los años 50 la situación fue mejorando, extendiéndose las temporadas de la conserva y abriéndose nuevas fábricas hasta completar las siete con las que llegó a contar el pueblo. No obstante la emigración se incrementó tanto a Cataluña como fuera de España. En estas ocasiones no era tanto por indignancia como por el deseo de mejorar las condiciones de vida -no debemos olvidar que mucho trabajo no se daba de alta en la Seguridad Social-.

En el terreno de la política, hay que decir que los primeros años 40 fueron los de las represalias contra los que habían tenido responsabilidades en los ayuntamientos republicanos de izquierdas. Los que quedaron en España fueron encarcelados y unos pocos marcharon al exilio, principalmente a Francia, primero los hombres y, cuando se apreció que la dictadura estaba para quedarse, le siguieron las mujeres e hijos. Fueron también los años del retorno de los que



estuvieron en la cárcel los tres años de Guerra Civil, algunos integrantes del gobierno municipal durante el trienio de 1933 a 1936 y trabajadores de la fábrica de la Cierva, muy cercanos al ministro conservador.

La división social continuó en los años 60 y 70. Años en los que se dio una triple realidad que afectó al fenómeno que estamos estudiando: emigración masculina a Europa, desigualdad hombre- mujer, pese a que muchas de ellas trabajan fuera del hogar -las fábricas de conservas dan más trabajo a mujeres que a hombres- y existencia de focos de marginación en la localidad que, aunque minoritarios por la poca población del pueblo, marcan su impronta y ayudan a comprender su mentalidad.

¿CUÁL ERA EL PAPEL DE LAS MUJERES EN ESTOS AÑOS?

En Julio de 1936 el pronunciamiento militar y la guerra civil fueron dos acontecimientos decisivos para las mujeres, puesto que se produjeron frecuentes separaciones familiares y se crearon nuevos grupos domésticos. Junto a esto, se produjeron numerosas transformaciones relacionadas con la vida de la mujer pues el incremento de éstas dentro del mundo laboral, supuso la aparición de un nuevo sentimiento de utilidad social provocado por la dinámica propia de toda guerra: los hombres se van al frente y la mujer tiene que tomar funciones propias de los varones, lo que explica que en la zona republicana -zona donde estaba Lorquí- se estableciera en marzo de 1937 un salario para las trabajadoras de las industrias de desarrollo bélico encargadas de la confección de prendas, fábricas de armamento, etc.

¿QUÉ CONCLUSIÓN PODEMOS SACAR DEL PAPEL DE LA MUJER EN LA ZONA REPUBLICANA DURANTE LA GUERRA CIVIL?

En los pueblos la respuesta es breve: aunque el papel fundamental de ésta sería seguir estando en el hogar, disponía de una pequeña independencia tanto en su situación económica como personal.

FRANQUISMO: REPRESIÓN Y LETARGO DE LA CONCIENCIA FEMINISTA, 1939-1977: EL MODELO DE MUJER CREADO POR EL FRANQUISMO

El Estado dictatorial que surge del golpe militar, se basó en la dominación y subordinación de la mujer en una sociedad donde la autoridad y jerarquía del varón ocupaba el centro de la organización social y política.

Las leyes discriminatorias que se desprendían de estas mentalidades pretendían varios objetivos: derogar todos los derechos igualitarios concedidos por la República -supresión de la ley del matrimonio civil y la del divorcio, restablecimiento del código civil de 1889, refuerzo de la autoridad paterna y marital, etc.



Esto cambió cuando a principios de los sesenta, en los inicios del “desarrollismo”, el Estado necesita incrementar la población laboral femenina. El punto de partida es la “Ley sobre derechos políticos, profesionales y laborales de la mujer” de 15 de marzo de 1961. El 20 de agosto de 1970 se suprime la discriminación en el aprendizaje y permite a las mujeres mantener su puesto de trabajo al casarse. Estos son tan solo algunos ejemplos de un ambiente de represión, control y subordinación de las mujeres.

Toda esta política contra la mujer se lleva a cabo a través de actividades de formación obligatoria, como el Servicio Social y mediante el control de la educación. Como resultado de la aplicación de este modelo de mujer, las mujeres del régimen, quedan alejadas de los centros de poder y decisión del Estado. Tanto las Cortes, como en el Consejo Nacional, hay muy pocas mujeres. La Sección Femenina, perdurará, con modificaciones hasta la democracia. La Iglesia contribuye a la formación de ese modelo de mujer esposa y madre.

LA MUJER ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL FIN DE LA DICTADURA

A partir de los años 60, la realidad de las mujeres se aparta progresivamente de la propuesta de la Iglesia y la Sección Femenina. Gracias a la expansión industrial, propuesta por los Planes de Desarrollo, aumentó el número de mujeres que trabajaba fuera del hogar, un aliciente para el bienestar familiar.

Los cambios económicos y sociales en los 60 y 70, afectan también a la familia tradicional que ve como la autoridad patriarcal pierde poder. Pero todavía en 1969, la mujer seguía necesitando el consentimiento del marido para diversos asuntos legales. En los últimos años de la dictadura, la legislación represiva sigue presente. La protesta de la población es cada vez mayor, y las mujeres están creando las condiciones objetivas, para formar un movimiento de emancipación.

LA DEMOCRACIA

Con la llegada de la democracia, el movimiento feminista emerge. Este clima de reivindicaciones sociales durará hasta el referéndum popular de la Constitución de 1978, en el que se declaraba la igualdad de españoles ante la ley, sin discriminación por sexo, etnia, raza o religión (art. 14 de la CE).

¿QUÉ NOS DICEN LAS FUENTES ORALES DE LOS MOTIVOS “NORMALES” DE “LLEVARSE A LA NOVIA”?

Para investigar el tema, además de acudir a los archivos hemos recurrido a las fuentes orales. Cómo aún sobreviven personas que son actores o hijos de individuos que han practicado el “llevarse a la novia”, hicimos una encuesta oral sobre 100 personas para buscar los condicionantes que obligaban a esta práctica.



Los resultados fueron los siguientes:

- Un 20% de los entrevistados afirmaron haberse “fugado” por embarazo y por tanto era necesario llevarse a la novia y casarse para salvaguardar la honra.
- Un 20% de los entrevistados afirmaron haber llevado a cabo este fenómeno por oposición paterna. (Economía muy desigual entre los dos miembros de la pareja, diferentes ideologías políticas entre familias...)
- Un 10% de los entrevistados reconoce haber llevado a cabo esta práctica por simple tradición.
- Un 50% de los entrevistados reconocen que se “fugaron” por motivos económicos.

Como podemos observar la mayoría de ellos llevaron a cabo esta práctica por motivos económicos. Esto es totalmente normal ya que Lorquí en el pasado siglo XX tenía una economía muy pobre. Las tierras las controlaban los grandes propietarios como Juan de la Cierva, Matías Martínez, Isidoro Sánchez..., lo que explica que la mayor parte de la población estuviera obligada a llevar rentos y ser empleada de estos grandes terratenientes con unos sueldos miserables.

Las fuentes orales nos hablan también de “anomalías” que rompen los motivos más convencionales de “llevarse a la novia”. Así se dan casos en los que no era el novio quien “raptaba a la novia” sino que era la novia y la madre de la novia las que obligaban al novio a casarse. En estos casos, al quedarse embarazada la novia, el novio intentaba evadirse de su obligación social y moral de casarse. Hay un ejemplo muy característico de este caso en el que un ciudadano de Lorquí llamado José cuenta literalmente: “fui perseguido por mi suegra y mi mujer por toda la procesión para que me casara con ella ya que la había dejado embarazada. Mira que corrí, pero al final me pillaron”.

Otros casos fueron los problemas por consanguinidad. Era muy usual que se casaran primos hermanos, segundos o terceros. En estos casos había un problema y era principalmente el motivo económico. La familia no veía raro este tipo de matrimonios pero la Iglesia sí y obligaba a pagar una bula, según el grado de consanguinidad, para poder casarse. Esto forzaba a muchos primos a que llevaran a cabo la tradición de “llevarse a la novia” ya que no podían pagar una bula para legalizar su matrimonio.

Por último, existían casos de “llevarse a la novia” puramente políticos. En la guerra civil, muchas parejas se “fueron juntos” por las afiliaciones políticas que habían tomado sus respectivas familias. Tengo una entrevista en la que Pepe, de 95 años, nos cuenta: “mi padre era de derechas y mi novia Remedios era del bando republicano. Mi padre al estallar la guerra se negó rotundamente a que la viese y un día tuve que escaparme con ella”.



CONCLUSIONES

1. La primera conclusión que hemos sacado es que la tradición de “llevarse a la novia” estaba totalmente arraigada en Lorquí y que, en la gran mayoría de las ocasiones, no estaba mal vista aunque se intentara aparentar lo contrario.
2. Los motivos por los que se llevaban a la novia eran principalmente económicos porque Lorquí tenía en estos años una economía rural de subsistencia.
3. Está claro que el paulatino abandono de la práctica de “llevarse a la novia” tiene que ver mucho con la muerte del Franco y la posterior llegada de la Democracia que facilitó la liberación sexual de la mujer y la pérdida de la tradición católica.
4. Las horas consideradas deshonorosas para casarse eran las situadas entre las 8 de la noche y las 7 de la mañana ya que en esas horas se producían los matrimonios considerados “anormales” (viudos y parejas fugadas).
5. En diciembre se producía el mayor número de matrimonios porque era el mes con menor trabajo en el campo y la fecha donde se solían recibir las ganancias de la producción agrícola de todo el año.
6. Las mujeres siempre se casaban más jóvenes que los hombres por el deseo de liberarse del yugo paterno y realizar su vida independiente con su esposo.
7. Se producían porcentajes muy elevados de matrimonios por la Iglesia debido a la gran presión que ejercía la iglesia sobre la moral de la población.

BIBLIOGRAFÍA

- Archivo Municipal de Lorquí, “Partidas matrimoniales desde el año 1934 hasta el año 1950”, *Archivo Municipal de Lorquí*, Murcia.
- Archivo Parroquial de Lorquí, “Partidas matrimoniales desde el año 1934 hasta el año 1983”, *Archivo Parroquial de Lorquí*, Murcia.
- Caro Baroja, Julio (1976), *Los pueblos de España*, Ediciones Istmo (2ª edición), Madrid.
- Entrevistas a los habitantes de Lorquí, Murcia.
- Frigolé Reixach, Joan (1986), “Llevarse a la novia”, *Matrimonios Consuetudinarios en Murcia y Andalucía*, Universidad autónoma de Barcelona, Barcelona, Publicaciones de Antropología cultural.
- Frigolé Reixach, Joan (1974), *Estructura social y diferenciación sociocultural: el sistema matrimonial y de herencia*, Murcia, Editorial Regional de Murcia, pp. 51-67.

the 1990s, the number of people with diabetes has increased in all industrialized countries, and this increase is continuing at a rapid rate.

Diabetes is a chronic disease, and the long-term complications of diabetes are a major cause of morbidity and mortality. The most common complications of diabetes are cardiovascular disease, nephropathy, retinopathy, and neuropathy. The prevalence of these complications increases with the duration of diabetes and the degree of hyperglycemia. The most serious complication of diabetes is cardiovascular disease, which is the leading cause of death in people with diabetes. The risk of cardiovascular disease is increased in people with diabetes, and this risk is further increased in people with type 2 diabetes.

The pathogenesis of the complications of diabetes is complex and involves both metabolic and non-metabolic factors. The metabolic factors include hyperglycemia, hyperlipidemia, and hypertension. The non-metabolic factors include insulin resistance, obesity, and a family history of diabetes. The complications of diabetes are the result of a combination of these factors, and the risk of complications is increased in people who have multiple risk factors.

The management of diabetes is aimed at preventing or delaying the onset of complications. The most important goal of diabetes management is to maintain blood glucose levels as close to normal as possible. This can be achieved by a combination of diet, exercise, and medication. The most common medication used to treat diabetes is insulin. Insulin is a hormone that is produced by the pancreas and is responsible for lowering blood glucose levels. In people with type 1 diabetes, the pancreas does not produce enough insulin, and in people with type 2 diabetes, the pancreas does not produce enough insulin or the body's cells do not respond properly to insulin.

The management of diabetes is a long-term process, and people with diabetes need to be educated about the disease and its complications. Education is an important part of diabetes management, and it helps people to understand the importance of maintaining blood glucose levels and to make lifestyle changes that can help to prevent complications. Education also helps people to understand the importance of regular medical check-ups and to recognize the signs and symptoms of complications.

The management of diabetes is a complex task, and it requires a multidisciplinary approach. The most important members of the diabetes management team are the primary care physician, the endocrinologist, the dietitian, and the diabetes educator. The primary care physician is responsible for the overall management of the patient, and the endocrinologist is responsible for the medical management of the disease. The dietitian is responsible for providing advice on diet and nutrition, and the diabetes educator is responsible for providing education and support to the patient.

The management of diabetes is a long-term process, and it requires a commitment to regular medical check-ups and lifestyle changes. The most important goal of diabetes management is to prevent or delay the onset of complications, and this can be achieved by maintaining blood glucose levels as close to normal as possible. The management of diabetes is a complex task, and it requires a multidisciplinary approach. The most important members of the diabetes management team are the primary care physician, the endocrinologist, the dietitian, and the diabetes educator.

The management of diabetes is a long-term process, and it requires a commitment to regular medical check-ups and lifestyle changes. The most important goal of diabetes management is to prevent or delay the onset of complications, and this can be achieved by maintaining blood glucose levels as close to normal as possible. The management of diabetes is a complex task, and it requires a multidisciplinary approach. The most important members of the diabetes management team are the primary care physician, the endocrinologist, the dietitian, and the diabetes educator.



Enseñar a enseñar

/ TERCER PREMIO

AUTORES | LUCÍA ZARIQUIEY PÉREZ, HÉCTOR CANTALEJO NIETO,
ANDRÉS GONZÁLEZ ANTOHI

COORDINADORA | PILAR MOYA CERVANTES

CENTRO | COLEGIO ÁRTICA

CIUDAD | MADRID

RESUMEN |

Nuestra hipótesis parte de una certeza que hemos comprobado personalmente: la cooperación mejora el aprendizaje. Hemos trabajado sobre cuatro premisas: 1º) No todos los alumnos aprenden del profesorado; 2º) Al trabajar con los compañeros, los alumnos aprenden más y mejor; 3º) Explicar a otros, lleva al alumno a aprender de manera más significativa; 4º) Es importante que los alumnos aprendan a enseñar. Los resultados ponen de manifiesto que el aprendizaje cooperativo es un modelo eficaz para mejorar, tanto el aprendizaje de todos los alumnos como las relaciones que se producen entre ellos.

Palabras clave: Enseñar a enseñar, aprender a enseñar, mejorar el aprendizaje, aprender juntos, cooperar para aprender, aprendizaje cooperativo.

ABSTRACT |

The starting point of our hypothesis leads us to a conclusion that we have checked personally: cooperation improves learning. We have worked on four premises: 1º) Not all the students learn from the faculty; 2º) Working with their classmates makes students learn much more and better; 3º) Explaining to others leads the student to learning in a more significant way; 4º) It's important that the students learn to teach. The results reveal that cooperative learning is an effective way to improve, both the learning of all the students and the relations that take place between them.

Keywords: Teach to teach, learn to teach, improve learning, learn together, cooperate to learn, cooperative learning.



El trabajo de investigación que es objeto del presente artículo se desarrolla a partir de una propuesta que, tras nuestra experiencia escolar, consideramos de gran interés: la escuela no solo debe procurar que los alumnos aprendan a aprender, sino que debe enseñarles también a enseñar.

Los motivos para esta propuesta son muchos y muy diversos, pero parten de una certeza fundamental: no todos los estudiantes aprenden de sus profesores y el hecho de que trabajen juntos puede contribuir a mejorar la situación de aquellos alumnos que no son capaces de seguir el ritmo de la clase.

Hay alumnos que no logran comprender la explicación del profesor. Eso puede suceder por varios motivos, entre los que destaca la falta de conocimientos previos. La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel explica el proceso por el cual se relaciona la nueva información con los conocimientos anteriores que la persona sabía. Por eso, lo normal es que los alumnos que habitualmente sacan buenas notas sigan sacándolas, pero si no han aprendido los temas anteriores, no va a saber resolver lo nuevo porque no pueden conectarlo con nada.

Otro motivo por el que algunos alumnos no aprenden es que, como dice la psicología humanista de Rogers, los seres humanos somos diversos y es imposible que aprendamos todos de la misma forma, al mismo tiempo y haciendo las mismas actividades.

En su teoría de las inteligencias múltiples, Howard Gardner ha establecido que hay ocho diferentes inteligencias y que cada persona tiene más desarrolladas unas que otras. En consecuencia, hay niños que no tienen tan desarrolladas las inteligencias más utilizadas en la escuela —que son la verbal-lingüística y la lógico-matemática— y esto los lleva a tener problemas para conseguir éxito escolar.

Sin embargo, la escuela no parece entender las cosas así, ya que básicamente le propone a todos los alumnos lo mismo. La idea es que, si los estudiantes tienen la misma edad, deberían poder aprender lo mismo, de la misma forma y al mismo tiempo. Pero esto no es así, como demuestran las teorías de los autores que hemos citado anteriormente. No decimos que la escuela no reconozca que hay niños distintos, lo que decimos es que no actúa en consecuencia. Vemos que generalmente el profesor explica y manda hacer actividades sobre lo tratado en el tema. Los niños que han conseguido entenderlo empezarán a hacerlas, pero ¿qué hacen los demás?

En Ártica, nuestro colegio, desde que somos pequeños nos han animado a trabajar juntos y nos han enseñado a ayudar a los compañeros. Si un alumno no entiende algo no acude directamente al profesor, sino que pide ayuda a otro compañero que sí lo haya comprendido. El alumno que lo ha entendido trata de que su compañero halle la solución por sí mismo, explicándole el razonamiento que debe seguir para llegar al resultado final sin darle la respuesta directamente; porque enseñar no es dar la respuesta.



Si esos compañeros nunca han aprendido a ayudar, lo más probable es que los que han entendido todo hagan los ejercicios y los que no, se limiten a copiar. Los alumnos que solo han copiado no han aprendido nada, por lo que en el momento de trabajar solos no van a poder resolver los problemas o tareas que les planteen.

Si todos los niños supiesen enseñar a otros, cada uno de los que sí han entendido algo en clase podría contribuir a que otros aprendiesen, pero creemos que no todos los alumnos saben cómo enseñar a otros de manera eficaz. En general, en la escuela no se trabaja de forma específica el tema de la ayuda, por lo que, si no sabemos cómo ayudar a nuestros compañeros, el hecho de trabajar juntos puede dar como resultado situaciones de desaprendizaje, en las que unos hacen y los demás copian.

Ahora bien, aprender a enseñar no es un tema sencillo, por eso debería ser un contenido de la escuela. Con eso se conseguiría diversificar las oportunidades de aprendizaje, ya que además del profesor, otros alumnos de la clase podrían solucionar las dudas. Si incluyésemos el hecho de que los alumnos trabajasen juntos y además supiesen cómo ayudar, todos aquellos niños que han aprendido algo podrían enseñárselo a otros.

Esto se explica por la Ley de la doble formación de las funciones intelectuales superiores de Vygotsky, que explica el aprendizaje a través de lo que el autor denominó la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), que se refiere a la distancia entre el nivel de lo que un alumno podría hacer solo y lo que él podría hacer con la ayuda de otra persona más capaz. Según este autor, si un alumno tiene un nivel inferior al nivel de la tarea, no podría hacerla solo. Vygotsky dice que todo acto de aprendizaje empieza siendo social, por lo que nadie aprende nada solo. Él pretende decir que cuando dos personas trabajan juntas, se establece entre ellas una zona de desarrollo próximo o desarrollo potencial, que es lo que puede hacer el alumno que no sabía con la ayuda del que sí sabe; y al final, después de realizar juntos la tarea varias veces, lo que antes era potencial se convierte en desarrollo real.

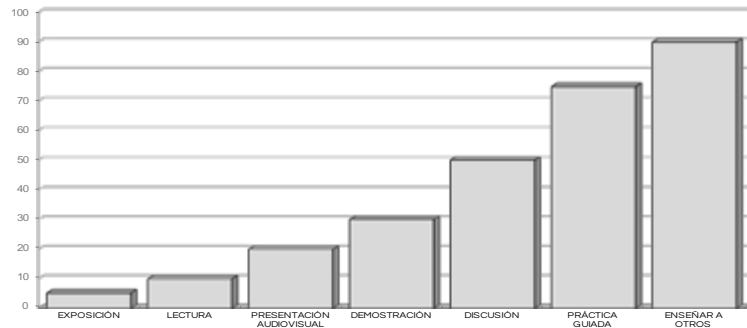
Estudios desarrollados a partir de los trabajos de Vygotsky han demostrado que, cuanto más próximo está el nivel del tutor al del tutorado, la zona de desarrollo próximo funciona mejor. Y teniendo en cuenta que los alumnos tienen un nivel más próximo al de sus compañeros, podemos afirmar que hay situaciones en las que entienden mejor a otro niño que al profesor.

Pero no solo se benefician los que no han entendido. Normalmente se cree que si un niño que sabe trabaja y ayuda a otro que no sabe, lo único que hace es perder el tiempo. Pues bien, eso es totalmente falso. El alumno que explica algo a otro compañero, no solo repasa y aprende, sino que, como podemos ver en la siguiente tabla de Lang y McBeath (1992), es el que más aprende.



Figura 01

Niveles de aprendizaje en distintas situaciones didácticas según Lang y McBeath (1992).

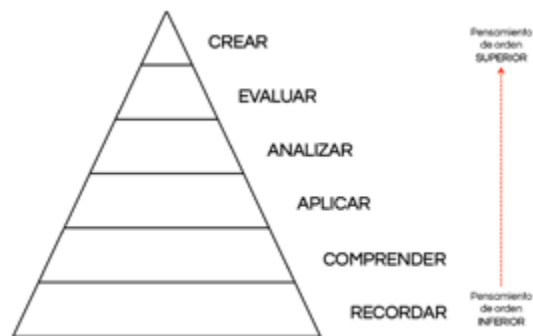


Como se puede apreciar, el nivel más alto de aprendizaje se produce cuando se explica a otros lo que se ha aprendido, por lo que, al enseñar a los alumnos a enseñar, no solo estamos ayudando a que los niños que a veces no entienden algo en la escuela puedan aprender, sino que estamos ayudando al que enseña a que aprenda mucho más.

Esto se puede explicar a través de la taxonomía de Bloom y la posterior revisión que hicieron Anderson, Krathwohl y otros (2001, citado por Woolfolk, 2010: 459).

Figura 02

Taxonomía de Bloom revisada (Anderson y Krathwohl, 2001).



Al ayudar a otros compañeros, los alumnos alcanzan los niveles más altos de la taxonomía. Observando la taxonomía de Bloom, podemos ver que los alumnos que se dedican a «hacer su trabajo» en lugar de ayudar a sus compañeros se moverían en los tres primeros niveles de pensamiento: recuerdan los contenidos, los comprenden y los aplican a la realización de tareas. Sin embargo, en cuanto tienen que enseñar a otros, se ven obligados a realizar un análisis mucho más profundo de lo aprendido, de cara a poder explicarlo. Además, están evaluando continuamente lo que hace el otro, de cara a corregir sus errores y proponerle nuevas tareas. Todo ello los lleva a manejarse a un nivel de procesamiento mucho más complejo, que deriva en un aprendizaje más profundo. El tipo de aprendizaje que suelen tener los profesores. Y es que, no es lo mismo saber hacer algo que ser capaz de explicar cómo se hace algo.



Después de toda la explicación anterior, creemos que quedan bastante claros los beneficios de que los alumnos sepan enseñar. Hemos creído conveniente realizar este trabajo de investigación ya que nosotros estudiamos en un colegio con esta metodología y al ver la cantidad de resultados positivos que nos está dando, pensamos que sería una muy buena idea que “enseñar a enseñar” sea un contenido básico de todas las escuelas, para así tener bastantes generaciones capaces de ayudar a otros sin apenas esfuerzo.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestro trabajo de investigación se centra en los alumnos del colegio Ártica, muchos de los cuales —como nosotros— llevan más de diez años trabajando con aprendizaje cooperativo. Los autores de este estudio somos muy conscientes de las ventajas de trabajar de esta forma, pero queremos saber si nuestros compañeros comparten esa visión. Así que vamos a preguntárselo.

Como ya ha quedado bastante claro, nuestra hipótesis principal de trabajo es que el aprendizaje cooperativo mejora el aprendizaje del alumnado y, por tanto, debe generalizarse en las escuelas. Ahora bien, creemos que no basta con que los estudiantes cooperen, para que mejore de verdad el aprendizaje deben tener unas destrezas mínimas que incluirían saber enseñar a otros compañeros.

Para trabajar sobre esta hipótesis, nos hemos propuesto los siguientes objetivos de investigación:

- Comprobar que no todos los alumnos aprenden cuando el profesor explica.
- Demostrar que el hecho de trabajar con los compañeros hace que los alumnos aprendan más y mejor.
- Comprobar el hecho de que ayudar y explicar a otros lo que un alumno ya entiende, también hace que lleven a cabo aprendizajes más profundos y significativos.
- Verificar que para que el aprendizaje cooperativo funcione los alumnos deben aprender a enseñar.

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestro colegio, Ártica, está ubicado en el PAU de Carabanchel. Es un centro privado y concertado en los niveles de enseñanza obligatoria por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. Su titular es la Cooperativa de Enseñanza José Ramón Otero, SCM.

Comenzó su actividad en septiembre de 2007, naciendo a partir de un proyecto educativo basado en la cooperación. En estos años, los alumnos y profesores hemos adquirido destrezas para trabajar en equipo y apoyar el trabajo de nuestros compañeros. Sabemos que, si uno de nosotros destaca, todos nos beneficiamos; y a la inversa, si uno de nosotros necesita ayuda, todos colaboramos para



mejorar su rendimiento. Este tipo de dinámicas convierten la diversidad en un poderoso recurso de aprendizaje.

Después de diez años de trabajo cooperativo, los alumnos del colegio Ártica somos conscientes de sus ventajas, sabemos que aumenta el logro académico, mejora el esfuerzo personal, la productividad, las relaciones de ayuda, la competencia social, el autoconcepto y la autoestima. Además, las relaciones establecidas bajo este tipo de dinámicas influyen en la convivencia del aula y contribuyen de esta forma a mejorar el clima de centro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como estudiantes del Colegio Ártica, hemos decidido comprobar nuestra hipótesis con ayuda de un cuestionario que hemos diseñado especialmente para ello. Consta de veintiocho preguntas que van abordando los objetivos que componen nuestra investigación.

Una vez elaborado y validado por algunos profesores que llevan tiempo trabajando en sus aulas con aprendizaje cooperativo, hablamos con la directora del colegio para que se repartieran por los diferentes cursos tanto de Primaria como de Secundaria. En total, han respondido ciento cincuenta personas, setenta y cinco niños de Primaria repartidos en 2º, 4º y 6º, y setenta y cinco alumnos de Secundaria de 3º y 4º.

Luego, hemos realizado el análisis de cada cuestionario, dividiendo la información entre los alumnos de Primaria y los alumnos de Secundaria.

CONCLUSIONES

Una vez finalizada la investigación, detallamos nuestras conclusiones, obtenidas a partir de las respuestas de nuestros compañeros que manifiestan un nivel de acuerdo 3 o 4 con las afirmaciones sostenidas en cada pregunta.

Un 30% de los alumnos afirman que les cuesta seguir el ritmo de la clase. Los datos nos parecen bastante realistas si tenemos en cuenta que el índice de fracaso escolar suele en torno al 20%.

Más de un 42% de los alumnos afirma no ser capaz de seguir las explicaciones del profesor. Además, tan solo un 24% de los alumnos afirma que siempre sabe cómo resolver las actividades que se mandan en clase.

Un 72% de los alumnos afirma que prefiere trabajar con sus compañeros. Hemos realizado algunas preguntas para valorar los motivos y los resultados son los siguientes: un 84% considera que es más divertido; el 82,7% piensa que el aprendizaje cooperativo mejora las relaciones sociales; un 78,7% —118 alumnos de 150— observa que aprende más trabajando en equipo; y un 82% considera que su trabajo resulta más eficaz.



Por otro lado, nos interesaba saber si nuestros compañeros valoran que el trabajo en equipo mejora su capacidad para adquirir conocimientos y los resultados también son importantes: un 70% observa que le cuesta menos hablar dentro del grupo que cuando tiene que hacerlo para toda la clase. De esta forma, aumenta su posibilidad de participación y con ella la activación de conocimientos previos, la recapitulación y el procesamiento de la nueva información; un 70,7% considera que cuando habla con los compañeros es capaz de recordar mejor; y, por último, para un 71,5% resulta más fácil preguntar a un compañero que al profesor.

Si queremos comprobar si nuestros compañeros piensan que reciben la ayuda adecuada, los resultados también son muy interesantes. Un 79,3% observa que siempre recibe ayuda en su grupo cuando la solicita y un 75,3% de los alumnos afirma que deja siempre lo que está haciendo para ayudar a alguien que lo necesita.

Estos datos se complementan con el hecho de que un 63,3% piensa que entiende cuando le explica un compañero lo que no entendió cuando explicó el profesor. Este hecho vendría a demostrar la teoría de la zona de desarrollo próximo de Vygotsky.

Otro dato muy interesante es que un 78,7% de los alumnos observa que el hecho de ayudar a los compañeros les sirve para aprender mejor, lo cual abala la taxonomía de Bloom que explicamos anteriormente.

Por otro lado, hemos querido comprobar si en nuestro colegio suceden algunas de las situaciones que suelen considerarse un inconveniente del aprendizaje cooperativo, como dar la respuesta al compañero, hacerle el trabajo o copiar de otros. En este sentido, vemos que los resultados también han sido muy satisfactorios: un 82% considera que los compañeros nunca le hacen la tarea o le dan la respuesta cuando trabajan en equipo; un 74,7% afirma que nunca da la respuesta o hace el trabajo a los compañeros; y un 74% afirma que nunca copia cuando trabaja en equipo. En nuestro colegio, siempre intentamos ayudar dando pistas, explicando las cosas de otra forma, poniendo ejemplos o resolviendo problemas parecidos.

También hemos realizado algunas preguntas que nos han servido para valorar si los alumnos se sienten cómodos explicando, porque al fin y al cabo no es una tarea sencilla, pero como nosotros lo hemos trabajado desde que somos muy pequeños, no es algo que nos cueste; de hecho, hemos podido comprobar que un 82,7% de los alumnos de nuestro centro se siente capaz de ayudar a sus compañeros.

También hemos querido comprobar si los alumnos del colegio comparten nuestra hipótesis sobre la necesidad de aprender a ayudar y hemos podido constatarlo. De hecho, observamos que un 86,6% considera que esto sería muy interesante y un 73,3% cree que los profesores deberían enseñarnos.



Por último, queríamos dejar constancia de que el Colegio Ártica no solamente educa para el colegio, también educa para la vida. Con esto queremos decir que lo que nos están enseñando no es algo que vayamos a utilizar exclusivamente durante nuestros años escolares, sino que pensamos que nos va a servir para nuestro futuro. Para demostrar esto hemos hecho las dos últimas preguntas. En las respuestas que hemos obtenido para la primera de ellas —sobre la posibilidad de citarnos fuera del colegio para estudiar juntos—, vemos que su incidencia es muy superior en Educación Secundaria, llegando a un 68%, ya que llevamos tantos años compartiendo nuestras tareas que preferimos estar juntos hasta fuera del horario escolar para realizar trabajos y preparar los exámenes, entre otras cosas.

Desde nuestro punto de vista, la respuesta más destacable ha sido la proporcionada por nuestros compañeros para la última pregunta. De ellos, un 87,3% afirma que aprender a ayudar va a sernos útil en el futuro.

Realizado este análisis, consideramos probadas todas nuestras hipótesis. Efectivamente, hemos demostrado que es mucho más eficaz el hecho de trabajar juntos en un entorno cooperativo. Sabemos, además, que si todos los colegios aplicasen esta dinámica en clase se produciría un gran cambio en la educación con unas repercusiones muy positivas.

Nos hemos dado cuenta de que el sistema que se utiliza en el Colegio Ártica es muy útil, porque la mayoría de los niños, aunque no aprendan del profesor, acaban aprendiendo de alguno de sus compañeros. Además, como hemos dicho en el apartado anterior, los niños de nuestro colegio son capaces de ayudar a otros sin darles las respuestas o dejar que la copian, lo cual, como dijimos anteriormente, provocaría procesos de desaprendizaje.

Lo interesante es que no hay una asignatura en la que especialmente trabajemos cómo ayudar, pero como en todas las asignaturas trabajamos de manera cooperativa, siempre que tenemos que hacer ejercicios hay personas que no son capaces de realizarlos ellos solos, por lo que constantemente estamos ayudándonos unos a otros. Y con tanta práctica nos estamos convirtiendo poco a poco en personas que tienen claro los pasos o pautas que tenemos que seguir para lograr que nuestro compañero o compañera aprenda.

A día de hoy nos está resultando muy útil, pero queremos que quede claro que saber enseñar no es algo que vaya a servirnos solo mientras estudiemos, ya sea en el colegio o en la universidad. Vamos a mirar más allá.

Por ejemplo, hoy en día, gracias a internet, tenemos la posibilidad de compartir conocimientos con personas que pueden estar tanto a 10 metros como a 100 kilómetros, a través de recursos creados para que los estudiantes que no han entendido algo en clase puedan entenderlo. Si los creadores de esos materiales hubiesen aprendido cómo enseñar, las explicaciones resultarían más sencillas



de entender; y como resultado, podría haber una red enorme en la que cada persona que sabe algo puede ponerlo a disposición del mundo y todos podrían acceder a todos los contenidos y entenderlos.

Así pues, con todo lo expuesto anteriormente, esperamos que quede suficientemente clara la gran importancia de que los niños desde pequeños aprendan a enseñar a otros. Esto podría marcar un gran cambio y no solo a nivel escolar, sino a niveles superiores.

AGRADECIMIENTOS

Desde aquí, queremos agradecer a cada una de las personas que decidieron hace diez años crear un nuevo colegio tan distinto a los que existían, porque han logrado que todos los alumnos que estudian o han estudiado en él, posean una destreza tan especial como es la de ser capaces de ayudar y enseñar a otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Johnson, D. W. y R. T. Johnson (1999), *Aprender juntos y solos. Aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista*, Buenos Aires, Aique Grupo Editor.
- Lang, H., McBeath, A. (2000), *Fundamental principles and practices of teaching: A practical theory-based approach to planning and instruction*, Toronto, HBJ-Holt.
- Moruno, P., Sánchez, M., Zariquiey, F. (2011), *La cultura de cooperación. El aprendizaje cooperativo como herramienta de diferenciación curricular*. En Torrego (coord.) *Alumnos con altas capacidades y aprendizaje cooperativo*. Madrid, Fundación SM, pp. 167-197.
- Pujolàs Maset, P. (2012), *Aulas inclusivas y aprendizaje cooperativo*, Barcelona, Universidad de Vic, [en línea], disponible en: http://eoeepsabi.educa.aragon.es/descargas/H_Recursos/h_1_Psicol_Educacion/h_1.10.Trabajo_cooperativo/5.Aulas_inclus_aprendizaje_cooperativo.pdf, [consultado el 30/12/2017].
- Zariquiey, F. (2016), *Cooperar para aprender*, Madrid, Editorial SM.

LINKS:

- El artículo completo se puede encontrar en [Dropbox](#)
Vídeo explicativo [30º Certamen Jóvenes Investigadores](#)

the 1990s, the number of people who have been employed in the public sector has increased in all countries.

There are a number of reasons for this. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries. This is because the public sector is often the only employer that provides a stable and secure job. Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries. This is because the public sector is often the only employer that provides a high wage and benefits. Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries. This is because the public sector is often the only employer that provides social services such as health care and education.

There are a number of reasons for this. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries.

Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries.

Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries.

There are a number of reasons for this. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries.

Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries.

Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries.

There are a number of reasons for this. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries.

Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries.

Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries.

There are a number of reasons for this. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries.

Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries.

Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries.

There are a number of reasons for this. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries.

Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries.

Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries.

There are a number of reasons for this. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries.

Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries.

Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries.

There are a number of reasons for this. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries.

Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries.

Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries.



¿Tradición o imposición? Evolución del papel de la mujer en Granollers (Barcelona). Una visión interdisciplinaria

/ TERCER PREMIO

AUTORA | PAULA MACÍAS OLMO

COORDINADOR | IVÁN NADAL LATORRE

CENTRO | IES CARLES VALLBONA

CIUDAD | GRANOLLERS

RESUMEN |

Es un hecho que existen diferencias entre hombres y mujeres. El conocimiento del papel de la mujer en los diferentes aspectos estudiados (social, laboral y político) ha permitido aproximar la realidad del mismo a la sociedad de Granollers a lo largo del período estudiado. Es muy importante, además, el aproximar esta memoria también a la población más joven. Es por ello que se han realizado diferentes materiales educativos y una aproximación de los hechos con el uso de tecnologías de Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV).

Palabras clave: Granollers, mujer, historia, nomenclátor, ciudadanía, RA, RV.

ABSTRACT |

It is a fact that there are differences between men and women. The knowledge of the role of women in the different aspects studied (social, labor and political) has allowed to approximate the reality of the same to the society of Granollers throughout the studied period. It is very important, in addition, to bring this memory closer to the younger population. That is why different educational materials and an approximation of the facts have been carried out with the use of AR and VR technologies.

Keywords: Granollers, woman, history, gazetteer, citizenship, AR, VR.



INTRODUCCIÓN

¿Sigue teniendo nuestra sociedad una tradición masculina? ¿Tiene la mujer un papel activo en el ámbito político y social? ¿Cómo era su vida en la industria? El carácter multidisciplinar del trabajo (historia, sociología y tecnología), ha servido como punto de partida del mismo.

Por otra parte, la bibliografía consultada ha permitido encontrar información muy diversa en relación con la temática del trabajo. La ordenación de toda esta información también favorece su realización.

La motivación en su realización es de tipo personal. Además, considero que el presente trabajo ha de ser una herramienta para dar voz a aquellas mujeres silenciadas y reprimidas, y para hacer ver a la sociedad que todavía existen diferencias evidentes entre hombres y mujeres, también quiere demostrar que no hablamos de machismo, sino de tradicionalismo masculino. Se quiere hacer ver que el machismo es algo mucho más intrincado y que las tradiciones y las costumbres tienen mucho más que ver de lo que nosotros creemos.

El hecho de que este trabajo sea multidisciplinar, donde se combinan áreas del conocimiento muy diversas, ha sido la base del punto de partida del mismo. Hay que tener presente que esta característica la enriquece; por lo tanto, es bueno a la hora de realizarlo tener en cuenta una conexión entre diversas áreas del conocimiento.

Dado su alcance, éste interactúa con:

- La historia, mediante la realización de su recorrido desde un punto de vista femenino. Cómo era la vida de la mujer en ámbitos tan diversos como el social, el industrial o el político.
- La sociología, a partir del análisis de los espacios femeninos asociados al nomenclátor actual y pasado de Granollers, a partir de la consulta de diferentes documentos históricos.
- La política, valorando la importancia de las concejales en relación con el resto de los miembros del consistorio a lo largo de estos casi 40 años de democracia.
- La tecnología, con la elaboración de un recorrido por los espacios comentados en el segundo, gracias al uso de la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA), así como de otras herramientas TIC y TAC.
- Finalmente, la educación, y en relación con todos los puntos anteriores, con la creación de diferentes materiales didácticos para concienciar de la importancia de la mujer, manteniendo su memoria presente, sin dejar el pasado, y mirando hacia el futuro.



Para una mejor organización, los estudios realizados han dividido en tres grandes bloques:

- **“Mujer y sociedad. Espacios públicos donde la mujer es protagonista”**. Se recogerán todos los nombres femeninos de éstos, tanto en el pasado como actualmente, y se creará un recorrido, las placas de los que dispondrán de códigos QR y/o herramientas de realidad aumentada que permitirán ver la ficha del personaje y su imagen. Paralelamente, se diseñarán una serie de materiales didácticos dirigidos a los centros educativos de la ciudad para que trabajaran la temática de la igualdad de género centrada en dicho nomenclátor.
- **“Mujer y fábrica. Aproximación a su realidad”**. A través de la memoria oral, daremos forma a las que fueron el motor económico de la ciudad. Igualmente, se creará un recorrido para el conjunto de estos espacios históricos e industriales con el uso de herramientas de realidad virtual. En este apartado también se diseñarán y crearán materiales educativos para acercar dichos espacios y el trabajo de sus mujeres dirigidos a los centros educativos.
- **“Mujer y política. Aportaciones de la mujer en la ciudad”**. Se quiere constatar, de primera mano, cómo fue el trabajo de la única alcaldesa de la ciudad, la Sra. M^a Carmen Esplugas i Martí. Además, una recogida de datos nos permitirá ver la política desde el punto de vista de las mujeres y los hombres.

OBJETIVOS

- Analizar la presencia femenina en el nomenclátor de Granollers, con la creación de una serie de itinerarios y de materiales utilizando la realidad aumentada y la realidad virtual.
- Determinar el día a día de las mujeres en las fábricas de Granollers, acercando esta memoria histórica a los centros educativos con la creación de materiales didácticos propios.
- Valorar su importancia en el mundo político y social de Granollers con un análisis histórico y de trayectoria.

MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS

MATERIALES

- **Comunes**: fuentes bibliográficas, encuesta (Fig. 1) hojas de campo y personas voluntarias.
- **E1. Mujer y sociedad**: nomenclátor (fig. 2), mapa calles, Gear 360, Gear VR, 123D Catch y Augment.
- **E2. Mujer y fábrica**: hoja de entrevista, entorno de Google Drive, cámara fotográfica, mapa calles.
- **E3. Mujer y política**: hoja de entrevista, entorno de Google Drive.



Figura 01. Captura de pantalla de la encuesta colgada en la web del Ayuntamiento de Granollers.¹



01

Figura 02. Información del nomenclátor del 2011.

Nom històric del carrer	Any iní	Ultm Any	Nom oficial actual 2011
Carrer de Barcelona	1842	2011	Carrer de Barcelona
Carrer de Cadix	1811	2011	Carrer de Cadix
Carrer de Canelles	1850	2011	Carrer de Canelles
Carrer de Cardener	1811	1850	Passeig Ribes
Carrer de Llop d'Amunt	1817	2011	Carrer de Llop d'Amunt
Carrer de Ribot	1811	2011	Carrer de Ribot
Carrer de Riera	2004	2011	Carrer de Riera
Carrer de Sagardí	1848	2011	Carrer de Sagardí
Carrer de Sant Genís	1880	2011	Carrer de Sant Genís
Carrer del Marçà	1880	2011	Passeig Marçà
Carrer de la 193	1842	2011	Carrer de la 193

02



03

Figura 03. Una de las reuniones con el CIRDA.

METODOLOGÍA

- E1 (Figs. 3 y 4): actualización del nomenclátor femenino de Granollers y realización de dos itinerarios para dar a conocer los personajes asociados. Reunión de seguimiento con diferentes entidades municipales (regidurías y *Centre de Informació i Recursos per a Dones*, CIRDA) Creación de un material complementario a las placas de las calles con el uso de la RA y la RV y de un material didáctico para las escuelas.

Figura 04. Visualización del itinerario con las gafas VR en una de las paradas.



04

Figura 05. Entrevista con la sra. María Pacheco, extrabajadora textil.



05

Figura 06. Entrevista a la única alcaldesa de Granollers.



06

- E2 (Fig. 5): entrevistas para dar una visión del día a día de la mujer en sus fábricas a través de sus experiencias. Revisión de los espacios más característicos, realización de un itinerario relacionado con la memoria histórica y de un material didáctico para los centros educativos.

- E3 (Fig. 6): entrevistas a mujeres vinculadas a la vida política de la ciudad. Recopilación histórica de su participación desde las primeras elecciones municipales (1979) hasta el año 2015.

¹ El trabajo en la web del Ayuntamiento de Granollers: <http://www.granollers.cat/noticies/sala-de-premsa/un-estudi-de-recerca-visibilitza-la-pres%C3%A8ncia-de-les-dones-la-ciutat>



RESULTADOS

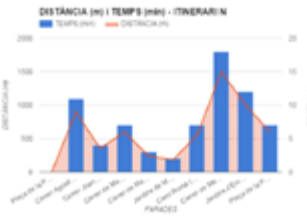
- E1 (Figs. 7-10): existencia de 16 espacios con nombre femenino. Diseño de un recorrido dividido en dos partes, N y S, con diferentes paradas y temporización para cada una de ellas de unas 2-3 h en total. Realización de una ficha resumen y de un evento (p.ej., Agustina de Aragón y Guerra de la Independencia). Cada espacio está complementado con un vídeo realizado con la aplicación Tellegami que permite crear avatares y una imagen de fondo. Ampliación de la información con el uso de la RA (seguimiento con RV). Realización de materiales didácticos sobre estos espacios para contactar con centros educativos y ponerlos en práctica.

Figura 07. Propuesta del itinerario N. Con salida y llegada en la plaza de la Porxada.



07

Figura 08. Distancia y tiempo recorrido (a pie) para la realización del itinerario N.



08

Figura 09. Modelo de placa donde se puede ver la imagen de RA gracias a la app. Augment.



09

- E2 (Figs. 11 y 12): entrevistas a mujeres relacionadas con el mundo fabril de Granollers. En general, buena relación entre personas, pero existencia de diferencias laborales entre ellas; gran esfuerzo para compaginar el trabajo con vida familiar. Creación de un itinerario por los espacios industriales más destacados para recuperar su memoria histórica. Diseño de un material educativo de las zonas industriales más características y su día a día; valoración de los centros escolares próximos a dichas zonas.

Figura 10. Imagen 360° realizada con la Gear 360 de cara al itinerario en RV.



10

Figura 11. Entrevista a la Sra. Pilar Falgàs, ex trabajadora de la fábrica Roca Umbert.



11



- E3 (figs. 13-15): análisis del censo de los últimos 40 años. Presencia minoritaria de las mujeres en el mundo político local (del 12,5% al 43,8%). Posición baja en las listas electorales, con poca variación (y descendente, de 14 a 17), con poca importancia en cargos institucionales (sólo una alcaldesa). Valoración de su trabajo como de proximidad y más social, en relación con la población de Granollers.

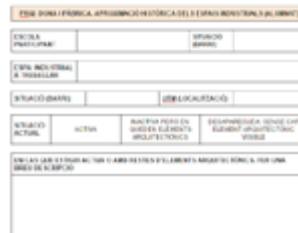
Figura 12. Materiales educativos sobre mujer y fábrica.

Figura 13. Evolución de la participación de la mujer en la política local.

Figura 14. Posición de las mujeres en las listas electorales.



12



13



14

Figura 15. Entrevista con la Sra. Silvia Rodríguez López, regidora de Juventud, Cooperación y Solidaridad del Ayuntamiento de Granollers.



15

CONCLUSIONES

Por lo que respecta a las conclusiones más importantes a las que se ha llegado en el presente trabajo, se destacan:

- **Estudio previo. Visión general de la población encuestada:** Desafortunadamente, las personas encuestadas consideran el machismo como una lacra tradicionalmente incluida en la sociedad actual, a pesar de haber pasado un período de dictadura y estar en plena democracia. Se puede entender, por tanto, que estamos ante una sociedad “tradicionalmente masculina”. Este aspecto se ve claramente en la muy baja proporción de espacios con nombre femenino en Granollers. Sin embargo, el hecho de que la ciudad sea presidida por un hombre no está asociado a un buen trabajo, sino que es un aspecto indiferente.



- **Estudio 1. Mujer y sociedad:** La propuesta de dar a conocer los espacios públicos con nombre femenino ha sido muy bien aceptada por el ayuntamiento, hasta el punto de que se tendrán nuevas reuniones para formalizar el poner extensiones en las placas de la calle para que el personaje sea más conocido. Aunque este sistema esté abierto a todos los habitantes y visitantes de la ciudad, la divulgación didáctica es uno de los aspectos destacados de esta campaña. Por ello, también se quiere ir a hablar con los centros que estén próximos a estos espacios.

- **Estudio 2. Mujer y fábrica:** Recuperando la memoria histórica de las fábricas textiles en Granollers, se ha podido extrapolar la búsqueda que se hizo en la parte teórica y comprobar que aquellos asuntos que se daban en otros lugares también lo hacían en la ciudad. Además, como propuesta de futuro, junto con el ayuntamiento y la térmica de la fábrica Roca Umbert, se creará un recorrido virtual por los espacios textiles de interés por el presente trabajo, aprovechando las placas explicativas que ya hay en cada uno de ellos. Gracias a la creación de unos materiales didácticos y la futura presentación de los mismos en un CRP, el alumnado granollerense podrá descubrir aquellos lugares textiles más cercanos a su centro educativo.

- **Estudio 3. Mujer y política:** Con la creación de la lista de mujeres que han participado en mayor o menor grado en el ambiente político de Granollers, se ha podido constatar que aunque la participación política femenina en la ciudad ha mejorado con el paso del tiempo, la posición que las mujeres ocupan en las listas electorales es baja, lo que dificulta el acceso de las mismas a cargos importantes dentro del consistorio. Las entrevistas realizadas con estas mujeres ha permitido ver cómo era la política, y como es la misma actualmente. Hay un cambio en cuanto a la facilidad para acceder a cargos políticos entre las generaciones mayores y las más jóvenes. Del mismo modo, la concepción que ellas tienen de las diferencias que hay entre las mujeres y los hombres que hacen política, desde el punto de vista de la forma de hacerla, no cambia, a pesar de los 40 años que, en algunos casos, las separan.

En definitiva, este trabajo quiere rendir un pequeño homenaje a aquellos personajes femeninos que han pasado por la historia de mi ciudad, Granollers, y que muchas veces no suelen ser recordadas o sólo en momentos puntuales. En el trabajo no sólo se tienen en cuenta aquellas mujeres que pasaron y se quedaron, también se consideran aquellas que, por motivos diversos, no pudieron permanecer, pero que merecen la misma atención y consideración. Además, llevando este trabajo en las escuelas se quiere inculcar los próximos ciudadanos exponenciales, los niños, que a pesar de ser diferentes entre todos nosotros, la única diferencia que no se debe tener en gran contemplación es la de género.

Para más información pueden consultar los siguientes documentos electrónicos:

- El trabajo en la web de Granollers (catalán):
<http://www.granollers.cat/noticies/sala-de-premsa/un-estudi-de-recerca-visibilitza-la-pres%C3%A8ncia-de-les-dones-la-ciutat>

- Macías, Paula (2016), Tradició o Imposició. Bloc del treball (catalán):
<http://tradiciooimposicio.blogspot.com.es/>



BIBLIOGRAFÍA

- Ajuntament de Granollers, (2011), “Guía del nomenclátor urbano de Granollers”, Ajuntament de Granollers [en línea], disponible en: <http://www.granollers.cat/>, [consultado el 13/02/17].
- Artium. Roca Umbert Fàbrica de les Arts, Granollers, [en línea], disponible en: <http://catalogo.artium.org/dossieres/4/metamorfosis-arquitectonica/edificios/arquitectura-industrial/fabrica-de-hilados-y-teji-1>, [consultado el 15/09/16].
- Banco de la República de Colombia, (1995) “Cambios en la vida femenina durante la primera mitad del siglo XX”, [en línea], disponible en: <http://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-68/cambios-en-la-vida-femenina-durante-la-primera-mitad-del-siglo-xx>, [consultado el 15/09/16].
- Cela, Alfredo, (2011), “Breu recorregut per la història de la fàbrica Roca Umbert de Granollers”, Lauro. *Revista del museu de Granollers*, [en línea], disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Ponencies/article/view/255816/342759>, [consultado el 13/02/17].
- Cladellas i Tor, Maria Dolors, (2009), “La evolución de la industria textil en Granollers”, *Anuario del centro de estudios de Granollers* [en línea], disponible: <http://www.raco.cat/index.php/Ponencies/article/viewFile/184039/237095>, [consultado el 13/02/17].
- Frases de mujeres. Frases de Luce Irigaray, [en línea], disponible en: <http://www.frasesdemujeres.com/frases-mujeres/frases-de-luce-irigaray/6636>, [consultado el 25/07/16].
- Instituto Nacional de Estadística, (2017), “Participación política, mujeres en cargos ejecutivos y en el Gobierno”, [en línea], disponible en: <http://www.ine.es/>, [consultado el 13/02/17].
- La Mirada de la Sombra, (2014), “De la misoginia medieval fins al sexisme actual”, [en línea], disponible en: <http://lamiradadelasombra.blogspot.com.es/2014/12/de-la-misoginia-medieval-fins-al.html>, [consultado el 15/09/16].
- Las Lecturas de Mr. Davidmore. 50 frases célebres sobre la mujer, [en línea], disponible en: <http://laslecturasdemrdauidmore.blogspot.com.es/>, [consultado el 25/07/16].
- La Vanguardia, (2013), “El voto femenino en España cumple 80 años”, [en línea], disponible en: <http://www.lavanguardia.com/vida/20131119/54393615758/voto-femenino-espana-cumple-80-anos.html>, [consultado el 15/09/16].
- Mujer palabra. Frases machistas y misóginas de personas religiosas y libros “sagrados”, [en línea], disponible en: http://www.mujerpalabra.net/pensamiento/critica/frasesmachistasymisoginas_relig.htm, [consultado el 25/07/16].



- Monografías. Historia laboral femenina en la primera mitad del siglo XX, [en línea], disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos90/historia-laboral-femenina-primera-mitad-del-siglo-xx/historia-laboral-femenina-primera-mitad-del-siglo-xx.shtml>, [consultado el 25/07/16].
- Nació Digital, (2015) “Granollers canvia el nom d’una plaça dedicada a un alferes franquista”, [en línea], disponible en: <http://www.naciodigital.cat/naciogranollers/noticia/23660/granollers/canvia/nom/placa/dedicada/alferes/franquista>, [consultado el 13/02/17].
- Revista mejicana de comunicación, (2012) “Mujer que sabe latín: Discriminación a través del lenguaje”, [en línea], disponible en: <http://mexicanadecomunicacion.com.mx/rmc/2012/03/26/mujer-que-sabe-latin-discriminacion-a-traves-del-lenguaje/>, [consultado el 25/07/16].
- Roca Umbert, Fàbrica de les Arts. “Què és Roca Umbert Fàbrica de les Arts”, [en línea], disponible en: <http://rocaumbert.com/>, [consultado el 25/07/16].
- Roca Umbert, Fàbrica de les Arts, (2009), “Sudor, vapor y lágrimas. Patrimonio Industrial” [en línea], disponible en: <https://chimevapor.wordpress.com/2009/10/27/la-fabrica-roca-umbert-la-fabrica-de-les-arts-de-granollers/>, [consultado el 15/09/16].
- Roca Umbert Fàbrica de les Arts, (2016), “Proyecto realizado por la fábrica Roca Umbert, para la recuperación de la memoria histórica de la misma”, *Las voces de la fábrica* (catalán), [en línea], disponible en: <http://rocaumbert.com/>, [consultado el 15/09/16].
- Sánchez Costa, Fernando, (2009), “Aproximación al nomenclátor contemporáneo de Barcelona y Madrid”, *Cultura histórica y nombres de las calles*, [en línea], disponible en: http://www.culturahistorica.es/sanchez_costa/cultura_historica_calles.pdf, [consultado el 13/02/17].
- Sánchez Costa, Fernando (2009), “Los mapas de la memoria. Nombres de calles y políticas de memoria en Barcelona y Madrid”, *Hispania Nova*, [en línea], disponible en: <http://hispanianova.rediris.es>, [consultado el 13/02/17].
- Sesé, Jaume; De Jiménez, Pepe (2000), Granollers. *La Memòria d’un segle (1950-2000). II part*. Ed. Impresor Litosplai, S.A, Barcelona.
- Voz de mujer. El acceso de la mujer a la política, [en línea], disponible en: <http://www.vozdemujer.org/politica.htm>, [consultado el 15/09/16].
-

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)
Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores

the 1990s, the number of people with diabetes has increased in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes is estimated to be 6.5% in 1995, which corresponds to 1.5 million people (1). The prevalence of diabetes is expected to increase to 10% by the year 2010 (2).

Diabetes is a chronic disease with a high prevalence and a high mortality. The most common complications of diabetes are cardiovascular disease, nephropathy, retinopathy, and neuropathy. The prevalence of these complications is high, and the mortality is also high. In the Netherlands, the mortality of diabetes is estimated to be 10% per year (3). The mortality of diabetes is expected to increase to 15% by the year 2010 (4).

The prevalence of diabetes is increasing in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes is estimated to be 6.5% in 1995, which corresponds to 1.5 million people (1). The prevalence of diabetes is expected to increase to 10% by the year 2010 (2). The mortality of diabetes is estimated to be 10% per year (3). The mortality of diabetes is expected to increase to 15% by the year 2010 (4).

The prevalence of diabetes is increasing in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes is estimated to be 6.5% in 1995, which corresponds to 1.5 million people (1). The prevalence of diabetes is expected to increase to 10% by the year 2010 (2). The mortality of diabetes is estimated to be 10% per year (3). The mortality of diabetes is expected to increase to 15% by the year 2010 (4).

The prevalence of diabetes is increasing in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes is estimated to be 6.5% in 1995, which corresponds to 1.5 million people (1). The prevalence of diabetes is expected to increase to 10% by the year 2010 (2). The mortality of diabetes is estimated to be 10% per year (3). The mortality of diabetes is expected to increase to 15% by the year 2010 (4).

The prevalence of diabetes is increasing in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes is estimated to be 6.5% in 1995, which corresponds to 1.5 million people (1). The prevalence of diabetes is expected to increase to 10% by the year 2010 (2). The mortality of diabetes is estimated to be 10% per year (3). The mortality of diabetes is expected to increase to 15% by the year 2010 (4).

The prevalence of diabetes is increasing in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes is estimated to be 6.5% in 1995, which corresponds to 1.5 million people (1). The prevalence of diabetes is expected to increase to 10% by the year 2010 (2). The mortality of diabetes is estimated to be 10% per year (3). The mortality of diabetes is expected to increase to 15% by the year 2010 (4).

The prevalence of diabetes is increasing in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes is estimated to be 6.5% in 1995, which corresponds to 1.5 million people (1). The prevalence of diabetes is expected to increase to 10% by the year 2010 (2). The mortality of diabetes is estimated to be 10% per year (3). The mortality of diabetes is expected to increase to 15% by the year 2010 (4).



La industria de la cultura: Evolución Humana, Revolución Económica

/ ACCESIT

AUTORES | JORGE RUBIO MAHAMUD, SILVIA CAMPO GONZALEZ

COORDINADORA | ANA ROSARIO CUENCA HERMOSILLA

CENTRO | IES PINTOR LUIS SAEZ

CIUDAD | BURGOS

RESUMEN |

El proyecto de investigación estudia el impacto económico, urbanístico y social del Complejo de la Evolución Humana en Burgos desde su inicio hasta hoy. Su papel en la vida cultural burgalesa, y su grado de aceptación ciudadana, no habían sido planteadas hasta ahora. Con variadas metodologías, estudiamos el alcance real de la importancia económica del mismo, y la percepción ciudadana. Métodos de investigación, TICs, entrevistas a personas clave, cuestionarios y encuestas online. Y tras el análisis de todas estas variables, se ha podido constatar que el Complejo es un proyecto de éxito.

Palabras clave: Complejo, Evolución Humana, impacto económico, regeneración urbana.

ABSTRACT |

Our project of investigation studies the economic, urban development and social impact of the Complex of the Evolution Humanizes in Burgos from his beginning up to today. His paper in the cultural life of Burgos, and his degree of civil acceptance, had not been raised till now. With varied methodologies, we study the royal scope of the economic importance of the same one, and the civil perception. With varied methodologies, we study the royal scope of the economic importance of the same one, and the civil perception. Methods of investigation, ICT's, you interview key persons, questionnaires and surveys online. And after the analysis of all these variables, one could have stated that the Complex is a project of success.

Keywords: Complex, Human Evolution, economic impact, urban regeneration.



INTRODUCCIÓN

Nuestro proyecto de investigación se vertebra en torno al impacto económico, urbanístico y social que está generando el Complejo de la Evolución Humana, que es una dotación de carácter científico situado en la ciudad de Burgos. Este complejo está formado por tres edificios, el Centro Nacional de Investigación Sobre la Evolución Humana, el Museo de la Evolución Humana y el Auditorio Fórum Evolución. Desde su planteamiento inicial, hasta el momento actual, tras cinco años de funcionamiento. Cuestiones fundamentales como el papel de los edificios en la vida cultural de la ciudad, y el grado de aceptación ciudadana de los mismos, no habían sido planteados hasta ahora. A través de la combinación de diversas metodologías, tanto tradicionales como innovadoras, hemos profundizado en el alcance real de la importancia económica del complejo, y en la percepción ciudadana del mismo. Utilizando los métodos de entrevista personal, selección de datos y su tratamiento estadístico, comparación ecuatorial, formulario y encuesta digital, estos últimos mediante TICs, hemos cerrado un círculo de información muy precisa en torno a los ya emblemáticos edificios. Para ello hemos manejado los datos relativos al número de visitantes desde el año anterior a su fundación, hasta 2015, así como las plazas hoteleras ofertadas, pernoctaciones, o el número de comercios del entorno entre otros. También hemos entrevistado a personas clave en la gestación y gestión de los tres edificios para conocer de primera mano su origen, funcionamiento, problemática e ideas de futuro. A continuación diseñamos un cuestionario y realizamos una encuesta que respondieron 463 personas de todas las edades y nivel cultural. Finalmente compilamos las noticias de prensa local alusivas a Atapuerca y al complejo Evolución. Tras el análisis de todas las variables, se ha podido constatar que el Complejo de la Evolución Humana es un proyecto de éxito. El asombroso aumento de turistas extranjeros, el número de visitantes en relación a la población de la ciudad, la cantidad de congresos y eventos colectivos, la gran aceptación que tiene entre los burgaleses o el número de publicaciones de impacto, lo avalan.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis inicial de este trabajo surge de la inquietud por conocer si el Complejo de la Evolución Humana es un proyecto de éxito. En torno a esta cuestión surgen otras más concretas como son:

- ¿El turismo en la ciudad de Burgos ha aumentado como consecuencia de la construcción del Complejo?
- ¿Cuál es la percepción del Complejo por parte de la ciudadanía burgalesa?
- ¿El Complejo está plenamente aprovechado o no genera todo el potencial que espera la ciudad de Burgos?

Los objetivos que nos hemos planteado han sido:



1. Averiguar el porqué del emplazamiento del Complejo de la Evolución Humana en Burgos.
2. Comprender el proceso de diseño, construcción y puesta en funcionamiento de cada uno de sus edificios.
3. Conocer el funcionamiento interno del Complejo.
4. Analizar si el Complejo Evolución es un motor de la economía burgalesa, tomando como diferentes variables.
5. Establecer un baremo de datos que nos permita comparar el Complejo, y específicamente el Museo de la Evolución Humana, con otros museos del país.
6. Investigar la percepción de la ciudadanía burgalesa respecto al Complejo.
7. Plantear, a la luz de los datos obtenidos tras nuestra investigación, algunas mejoras en diferentes aspectos del Complejo de la Evolución Humana.

METODOLOGÍA

I.- Tuvimos que establecer parámetros con los que poder valorar si la gestión de los edificios que componen el Complejo de Evolución Humana se puede considerar de éxito o de fracaso. Para ello hemos estudiado más de veinte referencias o indicadores económicos y sociales que giran en torno a estos tres edificios. Así, hemos trabajado entre otros con los empleos directos que genera, el número de ventas de entradas del Museo, la cantidad de eventos de Fórum Evolución o la cantidad de noticias de impacto internacional del CENIEH. A continuación, tomamos como referencia esas mismas variables de dos grandes museos cercanos geográficamente al Museo de la Evolución Humana (MEH). Los edificios seleccionados fueron el MUSAC de León y el Guggenheim de Bilbao. Por último, creamos unas variables cuyos estándares permitieran la comparación lo más equitativa posible entre los tres edificios, calculando por ejemplo el número de visitantes por cada 1.000 habitantes en los primeros cinco años de funcionamiento de cada museo.

II.- Creamos un amplio cuestionario que recogiera la opinión pública de los burgaleses con respecto a cada uno de los tres edificios del Complejo y a su importancia en conjunto. El siguiente paso fue encontrar la vía más eficaz de difusión para alcanzar el máximo número posible de respuestas y convertir la encuesta en fuente de datos no solo cualitativa sino cuantitativamente significativos. Vistas las dificultades que tuvimos en la recopilación de respuestas a pie de calle, en los centros cívicos, optamos por realizar las encuestas mediante la aplicación Google Forms, que difundimos en el instituto Pintor Luis Sáez, a través de las redes sociales y la prensa local.

III.- Entrevistamos a personas clave en la gestación y gestión actual de cada uno de los edificios, así como a personas involucradas en materializar el proyecto y que lo hicieron políticamente viable. Nuestro objetivo es comprender cómo



fueron sus inicios, cómo está siendo su funcionamiento cinco años después, a qué problemas se enfrentan y qué planes de futuro tienen planteados.

IV.- Compilamos las noticias relativas al Complejo de la Evolución Humana y los yacimientos de Atapuerca durante los días laborables de los siete meses que engloba el trabajo, como baremo de la actualidad, y por lo tanto de la importancia que tiene este fenómeno cultural en la vida de la ciudad de Burgos.

RESULTADOS

Figura 01

Tabla con datos sobre el turismo en la ciudad de Burgos antes de la apertura del Complejo Evolución y el último año disponible.

AÑO	2009	2015
VIAJEROS ESPAÑOLES	743.493	770.734
VIAJEROS EXTRANJEROS	268.975	428.613
TOTAL VIAJEROS	1.012.468	1.199.347
PERNOCTACIONES ESPAÑOLES	1.257.995	1.281.121
PERNOCTACIONES EXTRANJEROS	372.151	575.582
TOTAL PERNOCTACIONES	1.648.146	1.856.703
GRADO DE OCUPACIÓN	22,03%	24,19%
ESTANCIA MEDIA ESPAÑOLES	1,72	1,66
ESTANCIA MEDIA EXTRANJEROS	1,38	1,34
TOTAL ESTANCIA MEDIA	1,63	1,55

Como puede comprobarse el turismo nacional se ha mantenido pese a la crisis económica que ha azotado España en estos años. Por otra parte, la cantidad de visitantes extranjeros casi se ha duplicado en este periodo, lo que sí puede ser consecuencia de la enorme proyección internacional de los yacimientos de Atapuerca y su escaparate principal (MEH).

1. Comparación con los datos proporcionados por el MUSAC de León y el Guggenheim de Bilbao. Para que la comparativa fuera lo más equitativa posible tomamos como referencia los datos del funcionamiento de los cinco primeros años de cada museo.

En esta tabla se puede observar cómo todos los museos tienen una progresión ascendente en el número de visitantes según adquiere fama, ya sea desde el inicio como es el caso del MEH o bien en los años posteriores como sucede con los restantes museos. Es especialmente llamativo el impacto de la crisis económica en el museo de León.



Figura 02

Tabla comparativa del número de visitantes de los tres museos en sus primeros años de funcionamiento.

	MUSAC	MEH	GUGGENHEIM
PRIMER AÑO	127.997 (2005)	401.335 (11-07-2010 a 31-12-2011)	259.234 (1997)
SEGUNDO AÑO	142.522 (2006)	232.060 (2012)	1.307.200 (1998)
TERCER AÑO	152.237 (2007)	237.261 (2013)	1.058.538 (1999)
CUARTO AÑO	162.067 (2008)	307.308 (2014)	974.976 (2000)
QUINTO AÑO	130.485 (2009)	369.103 (2015)	880.106 (2001)

2. Se ha elaborado un cuestionario con 23 preguntas relativas a diferentes aspectos de cada uno de los edificios y su significación en conjunto, para valorar el grado de aceptación de los mismos por parte de la población que los acoge. Hemos obtenido un total de 463 respuestas, fundamentalmente de la ciudad de Burgos y algunas de la provincia. El sesgo de edad y de nivel de estudios también fue muy amplio. La recogida de los datos se elabora automáticamente y son almacenados en el propio programa. Estos datos nos han permitido plasmar en una serie de tablas y gráficos los resultados obtenidos con los que trabajar aplicando diversas metodologías estadísticas.

3. Hemos realizado una serie de entrevistas a:

- Eudald Carbonell (codirector de la Fundación Atapuerca): defendió que “el contenido debía primar sobre el continente” en referencia a la polémica sobre la estética del edificio”.
- Ángel Olivares (ex-alcalde de Burgos): afirmó que “el Complejo de la Evolución Humana está siendo y será una pieza clave en el futuro de la ciudad”.
- Rodrigo Alonso Alcalde (responsable de Didáctica y Animación del MEH): argumentó que “el MEH tiene un valor añadido gracias al hecho de que no hay ningún museo de esta disciplina que exponga fósiles originales de tal relevancia”.
- Juan José Pastor (gerente del Auditorio Fórum Evolución): nos presentó al Auditorio Fórum como referente a la ciudad, generador de 19.540.000 euros en el año 2016.
- Chitina Moreno-Torres (técnica de comunicación y relaciones externas del CENIEH): recalcó el carácter internacional de este centro de investigación al que acuden científicos de prestigio internacional.
- Julián Vesga (vicepresidente de la Federación de Empresarios de Comercio de Burgos) y Daniel Revilla (técnico del Instituto de Estructuras Comerciales de la Fundación de Comercio): “El Complejo de la Evolución Humana podría ser un éxito



a nivel cultural y emocional, pero a nivel comercial es más difícil de cuantificar, ya que intervienen numerosos factores como el emplazamiento de los yacimientos en Ibeas de Juarros”.

4. Se ha recopilado en el principal medio de prensa local, durante los días laborables comprendidos entre junio (2016) y enero (2017), 150 noticias alusivas a los edificios que forman parte del Complejo de la Evolución Humana y a los yacimientos de Atapuerca, de las cuales el 33% pertenecen al MEH, el 20% al Auditorio Fórum, el 13% al CENIEH y el 34% a la repercusión de Atapuerca; siendo excepcionales los días en los que no aparecen.

CONCLUSIONES

Tras el análisis exhaustivo de los datos obtenidos, podemos afirmar que el Complejo de la Evolución Humana es un éxito por:

- El número de visitantes en relación a la población de la ciudad.
- Presentar un leve ascenso de turismo interno incluso en los peores años de la crisis.
- Haber duplicado el número de turistas extranjeros.
- La cantidad de publicaciones de impacto que genera el CENIEH.
- Los congresos y actuaciones que se realizan en el Fórum Evolución.
- El impacto económico directo e indirecto que está teniendo en la ciudad.
- La gran aceptación que tiene entre los burgaleses, que lo consideran parte de su patrimonio cultural.

Figura 03

Gráfica con el número de visitantes por cada 1.000 habitantes de las ciudades que los acogen en el quinto año de funcionamiento.



Sorprendentemente, a la mayoría de la población le gusta urbanísticamente el Complejo evolución, lo perciben como motor cultural y económico de la ciudad y el principal eje de su proyección internacional. Ven muy justificables sus costes de construcción.



Algunas de las propuestas de mejora que planteamos tras este estudio son: unificar las campañas publicitarias del MEH destacando las actividades ofertadas de manera clara e eficaz, para aumentar el número de usuarios de sus talleres. Enfocar la divulgación de los hallazgos y descubrimientos científicos a los docentes como pilares de la difusión en las aulas de los mismos. Ampliar la colaboración entre los tres edificios. Por último, para iniciar un programa de eficiencia energética instalar placas solares y cristales generadores de energía.

El Complejo Evolución Humana, enfocado inicialmente a catapultar los hallazgos de Atapuerca, se ha convertido y es percibido como uno de los principales pilares de la regeneración urbana de Burgos, una ciudad hasta ahora caracterizada por la tradición.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrés López, G. (2002), “El turismo y la imagen de la ciudad: El museo de la evolución humana de Burgos”, [en línea], disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo_Andres_Lopez2/publication/266492139_EL_TURISMO_Y_LA_IMAGEN_DE_LA_CIUADAD_EL_MUSEO_DE_LA_EVOLUCION_HUMANA_DE_BURGOS/links/559c-ca3508ae898ed65208d7.pdf, [consultado el 13/12/2016].
- Ayuntamiento de Burgos (2000), “Acta final de resolución de proyectos del futuro solar de la Evolución Humana”, [en línea], disponible en: <http://www.aytoburgos.es/tu-ciudad/proyectos-de-futuro/solar-de-la-evolucion-humana/acta-final>, [consultado el 5/12/2016].
- Carbonell, E., de Castro, J. M. B., & Antón, M. (2004), *Atapuerca, perdidos en la colina: la historia humana y científica del equipo investigador*. Barcelona: Destino.
-

LINKS:

- El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)
Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores



ARTES Y HUMANIDADES

PRIMER PREMIO |

- 97 - **La barbarie en la primera guerra carlista**
MARIO CUEVAS FERNÁNDEZ Y CARLOS JIMÉNEZ CORNAGO

SEGUNDO PREMIO |

- 107 - **El “gracioso” de La traición en la amistad de María de Zayas y Sotomayor**
JUAN PABLO GÓMEZ LOAIZA

TERCER PREMIO |

- 115 - **Olvido es nombre de mujer**
ANNA PLADEVALL OROZ
- 123 - **Un estudio sobre la existencia de varios tipos de caballería superpesada en el bajo Imperio Romano**
ALEJANDRO VILLANUEVA VILLALBA

PREMIO ESPECIAL UNIVERSIDAD DE MÁLAGA |

- 131 - **Análisis de las causas de la ocupación de la Isla Formosa por parte de la Corona española**
SHUANG SHUANG YU

ACCESIT |

- 139 - **Neoliberalismo y Darwinismo social. La gran pandemia del siglo XXI**
ANTONIA LÓPEZ GALINDO



La barbarie en la primera guerra carlista

/ PRIMER PREMIO

AUTORES | MARIO CUEVAS FERNÁNDEZ Y CARLOS JIMÉNEZ CORNAGO

COORDINADOR | PABLO IJALBA PÉREZ

CENTRO | IES VALLE DEL EBRO

CIUDAD | TUDELA

RESUMEN |

La violencia en la primera guerra carlista afectó tanto a los militares como a la población civil; mujeres y familiares de soldados singularmente. La hipótesis es que fue el conflicto con una mayor mortalidad de los que ha habido en la Historia Contemporánea de España. Se han aplicado dos principios teóricos y uno metodológico en esta investigación: el concepto de guerra civil y el de significado histórico; y el uso adecuado de las fuentes. La conclusión más relevante es que esa violencia extrema se explica, en gran medida, por las propias condiciones en las que se desarrolló la guerra.

Palabras clave: Violencia, primera guerra carlista, guerra civil, España, Historia.

ABSTRACT |

The violence in the first Carlist War affected both the soldiers and the population; women and relatives of soldiers singularly. The hypothesis is that it was the conflict with the greater mortality in the Spanish Contemporary History. Two theoretical and another methodological principle has been applied in this investigation: the concept of civil war and the historical meaning; and the proper use of sources. The most relevant conclusion is that this extreme violence is explained, to a large extent, by the conditions in which the war took place.

Keywords: Violence, first Carlist War, civil war, Spain, History.



“... esta guerra de locura y odio, la guerra incivil...
guerra doméstica, y no civil”.

MIGUEL DE UNAMUNO

El resentimiento trágico de la vida: notas sobre la revolución y la guerra civil españolas.

INTRODUCCIÓN

Problema planteado y metodología utilizada

El punto de partida de nuestra investigación surgió de un dato, no muy conocido, sobre la primera guerra carlista que se desarrolló en España entre 1833 y 1839. Se trata del diario del subteniente liberal del Regimiento de Infantería de Córdoba, Juan Manuel Martín, escrito en 1838. En este diario, el militar narra lo que sucedió a los prisioneros tomados en Herrera y Villar de los Navarros, en el Bajo Aragón —actual Campo de Belchite—, cuando fueron derrotados en agosto de 1837 por los carlistas, durante su estancia en la prisión carlista de Beceite —Teruel. El día 28 de diciembre de 1837 escribió en su diario que, debido a la falta de comida: “Llegó a tal extremo su necesidad, que ocultaban los cadáveres de sus compañeros y se comían sus carnes asadas a la luz de los candiles” (Cabello *et al.*, 1846, p. 289). A los prisioneros retenidos en esta batalla se les dejó encerrados en oscuros y pequeños calabozos, y sin apenas algo que comer, por este motivo tuvieron que cometer actos de canibalismo, para su propia supervivencia.

Esta información contenida en el diario del subteniente Martín condujo al planteamiento de múltiples cuestiones sobre esta guerra, referidas al trato hacia los prisioneros, las condiciones de las cárceles, la implicación de los familiares y de las esposas de los militares, la cuantía de ejecuciones que se produjeron, la violencia contra la población civil.

Esta investigación se planteó desde la perspectiva metodológica del significado histórico de un acontecimiento del pasado. Para evaluar metódica y sistemáticamente esta noción del significado histórico, planteamos los siguientes criterios que son los que han conducido esta investigación:

FACTOR	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO: la primera guerra carlista
(1) IMPORTANCIA	Para la gente de la época	¿Quién fue afectado por la guerra?
(2) PROFUNDIDAD	En qué medida se vieron afectadas las vidas de la gente	¿Cómo las vidas de las personas cambiaron por la guerra?
(3) CANTIDAD	Cuántas vidas fueron afectadas	¿Cuántas personas fueron afectadas por la guerra?



(4) DURABILIDAD	Por cuánto tiempo las vidas de la gente fueron afectadas	<i>¿Por qué es importante recordar la primera guerra carlista?</i>
(5) RELEVANCIA	El alcance de ese suceso ha contribuido a mejorar el conocimiento de la vida presente	<i>Efectos a largo plazo de la guerra: ¿Por qué es importante estudiar la primera guerra carlista?</i>

Fuentes: Elaboración propia.

Con esta premisa, hemos valorado el significado histórico de los cuatro grandes conflictos que se dieron en territorio peninsular durante el siglo XIX: las de 1808-1814, 1833-1839, 1846-1849 y 1872-1876. Intencionadamente hemos preferido dejar al margen de esta comparación a la guerra de 1936-1939 debido a que su origen, naturaleza y características no permiten asimilarla como una guerra decimonónica, sino como una guerra moderna.

En realidad, entendemos que estudiar las barbaries cometidas durante la primera guerra carlista es una forma de investigar, en sí mismo, la naturaleza de la guerra y, más concretamente, de las luchas civiles dentro de un país. España vivió hasta cuatro contiendas de tipo civil como hemos dicho. A estas cuatro, se debería añadir la Guerra de la Independencia entre 1808-1814, que no fue de tipo civil, sino de liberación frente a las tropas napoleónicas, pero que fue la primera en afectar directamente a la población civil, desatando todo tipo de atrocidades contra ella. Por otro lado, entender la naturaleza de la guerra implica, a su vez, descubrir los códigos éticos mediante los cuales se desarrolla, y si son o no respetados. De un modo u otro, ya sea como soldado o como inocente, la guerra desvela la condición humana llevada al extremo.

Para elaborar este trabajo hemos seguido las pautas básicas del método de investigación histórica, que podría sintetizarse en pregunta - hipótesis - uso de pruebas para probar la hipótesis - reformulación de hipótesis. Y así sucesivamente, repitiendo las dos últimas etapas durante el tiempo necesario. En nuestro caso hemos partido de una pregunta inicial, pero en otras son las pruebas o alguna información contextual las que inspiran el problema del que surge la investigación. Hemos tenido acceso a un volumen importante de bibliografía, tanto primaria como secundaria, que nos ha permitido contrastar puntos de vista divergentes tanto de testigos directos como de historiadores.

REFLEXIONES TEÓRICAS Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

GUERRA, GUERRA CIVIL Y GUERRA CARLISTA

La primera guerra carlista fue un enfrentamiento civil que tuvo lugar en España entre 1833 y 1839. Su origen se debe a un problema originado por la sucesión al trono de Fernando VII entre dos familiares suyos; su hija, Isabel, y su hermano, Carlos María Isidro. Fue una guerra civil de tipo dinástico, pero con un



fuerte componente ideológico, político y social, ya que enfrentaba dos modelos bien distintos: el triunfo de Isabel significaría la implantación del liberalismo en España mientras que el de Carlos la pervivencia del absolutismo. El enfrentamiento político entre liberales y absolutistas, que precisamente había nacido en el contexto de esta guerra, en las Cortes de Cádiz celebradas en 1810, había ido creciendo desde ese momento hasta eclosionar finalmente en la lucha de 1833.

Una de las claves para acceder a una comprensión suficiente de la Historia Contemporánea de Europa son los conflictos civiles, un concepto que engloba manifestaciones diversas, como revoluciones, contrarrevoluciones, la resistencia armada frente a un invasor extranjero. El término genérico que los historiadores han consolidado para referirse a estos fenómenos es el de guerra civil, aunque para el caso español este concepto guarda connotaciones especiales. Existe una interpretación común en este fenómeno por parte de los historiadores desde hace siglos. Fue el historiador griego Tucídides en el siglo V a.C. el primero en aportar una visión de guerra doméstica cuando estudió las guerras del Peloponeso, 433-405. Desde esa fecha, es prácticamente unánime la idea que subyace en las investigaciones que interpreta los conflictos civiles como algo moralmente reprobable, por ser injusto, antinatural e incluso contrario a la civilización (Canal y González Calleja, 2012, p. 8).

Pero la guerra civil ha ido ascendiendo en las décadas finales del siglo XX como primera manifestación de conflictos políticos y como la modalidad de lucha armada de alta intensidad más frecuente. Entre 1945 y 1995 los historiadores han computado un total de 195 guerras, de las que 146 fueron guerras civiles —un 75%—, que causaron entre 16 y 35 millones de víctimas, unas cinco veces más que las guerras entre estados que hubo en el mismo período (Fearon y Laitin, 2003, pp. 75-77). Un primer indicio, por tanto, parece apuntar a que las guerras civiles albergan una serie de características, específicas, que hacen incrementar de un modo significativo su potencial mortífero. No obstante, la primera guerra carlista de 1833-1839 no ha generado este interés preferente. De entre todos los conflictos de la Europa del siglo XIX, es uno de los más olvidados por la historiografía europea y, entre los historiadores españoles, no fue hasta 1970 cuando empezó a consolidarse una investigación histórica moderna —Jordi Canal, Pedro Rújula, Josep Clemente, Ramón Urquijo, Julio Aróstegui recientemente—, alejada de los enfoques más ideológicos y partidistas que predominaron en décadas anteriores (Lawrence, 2014, p. 2; Urquijo Goitia, 1993, p. 414; Canal, 2000, pp. 402-436).

HIPÓTESIS DE TRABAJO

LAS RESPUESTAS PRELIMINARES

Con estas premisas metodológicas y teóricas, hemos valorado el significado histórico de los cuatro grandes conflictos que se dieron en territorio peninsular durante el siglo XIX: las de 1808-1814, 1833-1839, 1846-1849 y 1872-1876.



Intencionadamente hemos preferido dejar al margen de esta comparación a la guerra de 1936-1939 debido a que su origen, naturaleza y características no permiten asimilarla como una guerra decimonónica, sino más bien como una guerra “moderna”. El siguiente cuadro resume los datos que hemos utilizado:

CONFLICTO	GUERRA DE LA INDEPENDENCIA	PRIMERA GUERRA CARLISTA
DURACIÓN	4 años y medio (1808-1813)	6 años (1833-1839/1840)
DIMENSIÓN	Nacional: toda la Península	Regional: P. Vasco, Navarra, Aragón y Cataluña fueron los principales focos de conflicto
MILITARES MUERTOS	300.000	150.000
CIVILES MUERTOS	75.000	50.000
MUERTES (TOTAL)	375.000	200.000
RATIO DÍAS/MUERTES	231 muertos al día	93 muertos al día

Fuentes consultadas: Fraser, 2006, p. 813; Hocquelllet, 2008, p. 222; Esdaile, 2004; Tucker, 2014, p. 444.

Como primera conclusión, nuestra hipótesis preliminar es que la primera guerra carlista fue la que mayores consecuencias humanas y demográficas causó en la Historia Contemporánea de España, pese a las limitaciones tanto técnicas, como de dimensión espacial e internacional; en comparación con otras. En ausencia de estos otros elementos, que podrían utilizarse como factores explicativos para comprender la elevada proporción de muertes, nuestra hipótesis de trabajo consiste en analizar la violencia desatada durante este conflicto: su origen, naturaleza, características y evolución. Por este motivo, el presente estudio analiza las circunstancias en las que esta violencia se produjo no sólo en el frente militar, sino además en lo que se denomina habitualmente como frente interior. El objetivo es conocer la verdadera dimensión y significado histórico de la primera guerra carlista, según el cuadro que hemos propuesto. Para ello, presentamos los resultados que hemos obtenido de la investigación sobre las expresiones de violencia en tres niveles complementarios: militares, familiares de soldados y vecinos de localidades. En el trascurso de esta investigación, encontramos informaciones muy relevantes sobre las mujeres, y dado que fueron una víctima colectiva de la contienda, hemos realizado un exhaustivo análisis de este fenómeno.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES OBTENIDAS

La violencia durante la primera guerra carlista alarmó a las personas que la vivieron, a otros países europeos y a los estudiosos que desde 1839 han investigado el conflicto. Fue una violencia que sorprendió, entonces y posteriormente, porque se estaba desarrollando en un conflicto que se esperaba breve en duración, cuyo resultado parecía decantado —por la superioridad numérica y organizativa del



bando isabelino— y por la disimetría existente entre los contendientes, puesto que se enfrentaba inicialmente, una insurrección frente a un gobierno.

Esta violencia despertó la indignación y la denuncia internacional —como vimos, activamente por parte de Francia e Inglaterra—. El envío de emisarios por parte del Parlamento británico para frenar la escalada de ejecuciones a los pocos meses de iniciarse la guerra constituye la principal manifestación de esta dimensión internacional que adquirió la barbarie que estaba teniendo lugar en España. También generó un intenso debate político dentro de España, y las denuncias pertinentes. Los diferentes gobiernos liberales se vieron acosados por las críticas de la opinión pública y de la oposición. Y algunos de los testimonios disponibles, como el diario del subteniente liberal sobre las atrocidades cometidas en la cárcel de Beceite, fueron dirigidas directamente a la reina madre y regente, María Cristina, pidiendo su intervención.

Esta violencia generó, en definitiva, la elevada proporción de muertos que se generó con este conflicto y que convierten a la primera guerra carlista en la más cruenta de la historia contemporánea de España. No sólo se trata de una cuestión numérica, sino también cualitativa. Algunos de los sucesos que tuvieron lugar son indicativos de una violencia extrema: la ejecución de familiares, los fusilamientos masivos, las condiciones de las cárceles. Respecto a esto último, se acuñó incluso un nuevo término en la época para referirse a las epidemias que causaban mortalidad en las prisiones: las “fiebres carcelarias” o “fiebres pútridas” (Álvarez Caperochipi, 2015, p. 44). Únicamente al general carlista Cabrera la historiografía le atribuye la autoría directa de cerca de un millar de personas (Cabello, 1846, pp. 192-196; Calbo y Rochina de Castro, 1846, p. 261).

Lo más relevante que hemos podido concluir con este estudio es que fue una violencia que acompañó al conflicto, se mezcló con él y evolucionó según se iba resolviendo este último. Es decir, no es posible entender uno sin la otra y al revés. En los primeros años la violencia parecía un fenómeno descontrolado y desorganizado, como lo estaba siendo la propia guerra por ambos bandos. La mediación británica —Convenio de Lord Elliot de 1835— se produjo en un momento de consolidación del movimiento carlista y de desprestigio del bando liberal, por lo que la violencia se convirtió en un argumento utilizado en la lucha ideológica (Oyarzun Oyarzun, 1944, p. 191; Escalera y González Llana, 1865, p. 125). La denuncia de uno y otro bando sobre las barbaries cometidas por el enemigo se intensificaron en el momento en el que se estaba buscando un acuerdo que pusiera fin a la guerra y terminara con el derramamiento de sangre.

La violencia también expresaba la carencia de otros recursos e instrumentos disponibles y que hubieran permitido desarrollar la guerra de una forma distinta: la retención de familiares era un medio para obligar al canje de prisioneros o la entrega de suministros, la presión sobre los municipios y sus vecinos derivaba de la escasez de recursos por ambos bandos, el ataque a las mujeres y



su destierro forzoso era una forma de cortar una vía de suministros y de información con el enemigo, las ejecuciones iniciales de prisioneros manifestaban la carencia de espacios donde retenerlos y las improvisaciones y urgencias de unas tropas mal organizadas. Estas condiciones tan deficientes en las que se estaba desarrollando la guerra fueron denunciadas por oficiales de uno y otro bando, que se reconocían incapaces de poder derrotar al enemigo con tan escasos recursos —Nogueras, Espartero, Van Halen, Cabrera, etc—.

Esta conjunción entre violencia y guerra creó progresivamente un microcosmos en el que los participantes, de ambos bandos, asumieron que eran las condiciones en las que debían continuar su lucha. Terminaron acostumbrándose a la barbarie, alienados por la guerra, insensibles a la violencia. Esto se desprende del testimonio directo de sus protagonistas, que únicamente parecen reaccionar ante estos hechos cuando los evalúan con posterioridad, una vez terminado el conflicto. No ocurrió lo mismo con las personas que observaron la contienda *desde fuera*, es decir, o ajenos al campo de batalla o una vez concluida la guerra. Estos se sorprendían, hasta el extremo del paroxismo, por la barbarie que se estaba cometiendo, y no se sentían capaces de detenerla o, dicho de otro modo, de penetrar en ese microcosmos viciado y enrarecido que se había ido construyendo en torno a la guerra y que no detenía su avance.

En definitiva, la fuerte interacción entre la violencia y la guerra ayudan a comprender una y otra individualmente, pero su funcionamiento sólo se entiende conjuntamente. La violencia condicionó enteramente el desarrollo de la contienda, y a su vez, las circunstancias de la guerra a lo largo de sus siete años determinaron en buena medida el alcance y las características de la barbarie.

Y, finalmente, la versión dada por el subteniente liberal Martín sobre la cárcel de Beceite y los episodios de canibalismo, ¿se pueden comprobar? Hemos descubierto que sí. Para dar mayor verosimilitud y autoridad a su relato, el subteniente firmó el documento junto con otros compañeros que fueron hechos prisioneros y fueron liberados con él, un total de 30 oficiales. La repercusión de los sucesos ocurridos en la cárcel de Beceite fue tal que está incluido como tema en el diario de sesiones del Congreso de los Diputados de la época. En la obra de Cabello *et al.* donde se recoge el diario, los autores añaden que investigaron la veracidad de los hechos en 1844, acudiendo a la localidad para preguntar a los vecinos, que certificaron esta versión (1846, p. 289). No fue un episodio puntual. Debido a que la principal fuente de la que procede el conocimiento de estos sucesos de la cárcel de Beceite es el diario de un militar liberal, podríamos sospechar que su información puede ser sesgada y que ha exagerado algunos de los detalles que describe. Pero existen otras informaciones sobre casos de canibalismo. Parece que el año 1837, especialmente duro debido a las malas cosechas que significaron la escasez y el hambre, propiciaron estos episodios —en Morella, Valencia, a finales de ese año— (Lawrence, 2017, p. 193; Álvarez Caperochipi, 2015, p. 47).



BIBLIOGRAFÍA

- Cabello, F., F. Santa Cruz y R. M. Temprado (1846), *Historia de la guerra última en Aragón y Valencia*, volumen 2, Madrid, Imp. Colegio Sordo-Mudos.
- Calbo y Rochina de Castro, D. (1846), *Historia de Cabrera y de la guerra civil en Aragón*, Valencia y Murcia, Madrid, (s.e.).
- Escalera, E. y M. González Llana (1865), *La España del siglo XIX: sus hombres y acontecimientos más notables*, volumen 2, Madrid, Imp. J. J. Martínez.
- Canal, J. (2000), *El carlismo*, Madrid, Alianza.
- Canal, J., y E. González Calleja, eds. (2012), *Guerras civiles: una clave para entender la Europa de los siglos XIX y XX*, Madrid, Casa de Velázquez.
- Esdaile, Ch. (2004), *La Guerra de la Independencia: una nueva historia*, Barcelona, Crítica.
- Fearon, J. D., y D. D. Laitin (2003), "Ethnicity, Insurgency, and Civil War", *American Political Science Review*, 97.1, pp. 75-90.
- Fraser, R. (2006), *La maldita guerra de España: historia social de la Guerra de la Independencia, 1808-1814*, Barcelona, Crítica.
- Lawrence, M. (2014), *Spain's First Carlist War: 1833-1840*, Houndmills (UK), MacMillan.
- Lawrence, M. (2017), *The Spanish Civil Wars: A Comparative History of the First Carlist War and the Conflict of the 1930s*, London, Bloomsbury.
- Urquijo Goitia, J. R. (1993), "Historiografía sobre la primera Guerra carlista", *Bulletin d'Histoire Contemporaine de l'Espagne*, 17-18, pp. 412-444.
- Álvarez Caperochipi, J. (2015), *La Pamplona doliente, 1874-1940: Plagas, guerras y epidemias*, Madrid, Bubok-Gobierno de Navarra.
- Oyarzun Oyarzun, R. (1944), *Historia del carlismo*, Madrid, Editora Nacional, pp. 50-51.
- Tucker, S. C. (2014), *The Encyclopedia of the Wars of the Early American Republic, 1783-1812: A Political, Social, and Military History*, Santa Bárbara (USA), ABC-CLIO.

the 1990s, the number of people in the world who are poor has increased by 1 billion.

There are a number of reasons why the number of people in the world who are poor has increased. One reason is that the world's population has grown rapidly. Another reason is that the world's economy has not grown fast enough to keep pace with the population growth.

There are a number of things that can be done to help reduce the number of people in the world who are poor. One thing is to help the world's economy grow faster. Another thing is to help the world's population grow more slowly.

There are a number of things that can be done to help the world's economy grow faster. One thing is to help the world's countries attract more investment. Another thing is to help the world's countries improve their infrastructure.

There are a number of things that can be done to help the world's population grow more slowly. One thing is to help the world's countries improve their health care. Another thing is to help the world's countries improve their education.

There are a number of things that can be done to help the world's countries attract more investment. One thing is to help the world's countries improve their legal system. Another thing is to help the world's countries improve their government.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their infrastructure. One thing is to help the world's countries improve their roads. Another thing is to help the world's countries improve their water supply.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their health care. One thing is to help the world's countries improve their hospitals. Another thing is to help the world's countries improve their doctors.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their education. One thing is to help the world's countries improve their schools. Another thing is to help the world's countries improve their teachers.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their legal system. One thing is to help the world's countries improve their courts. Another thing is to help the world's countries improve their lawyers.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their government. One thing is to help the world's countries improve their elections. Another thing is to help the world's countries improve their politicians.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their roads. One thing is to help the world's countries improve their road construction. Another thing is to help the world's countries improve their road maintenance.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their water supply. One thing is to help the world's countries improve their water treatment. Another thing is to help the world's countries improve their water distribution.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their hospitals. One thing is to help the world's countries improve their hospital construction. Another thing is to help the world's countries improve their hospital equipment.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their doctors. One thing is to help the world's countries improve their medical education. Another thing is to help the world's countries improve their medical research.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their schools. One thing is to help the world's countries improve their school construction. Another thing is to help the world's countries improve their school equipment.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their teachers. One thing is to help the world's countries improve their teacher education. Another thing is to help the world's countries improve their teacher salaries.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their courts. One thing is to help the world's countries improve their court construction. Another thing is to help the world's countries improve their court equipment.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their lawyers. One thing is to help the world's countries improve their law education. Another thing is to help the world's countries improve their law salaries.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their elections. One thing is to help the world's countries improve their election administration. Another thing is to help the world's countries improve their election security.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their politicians. One thing is to help the world's countries improve their political education. Another thing is to help the world's countries improve their political salaries.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their road construction. One thing is to help the world's countries improve their road design. Another thing is to help the world's countries improve their road materials.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their road maintenance. One thing is to help the world's countries improve their road inspection. Another thing is to help the world's countries improve their road repair.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their water treatment. One thing is to help the world's countries improve their water filtration. Another thing is to help the world's countries improve their water disinfection.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their water distribution. One thing is to help the world's countries improve their water pipes. Another thing is to help the world's countries improve their water pumps.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their hospital construction. One thing is to help the world's countries improve their hospital design. Another thing is to help the world's countries improve their hospital materials.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their hospital equipment. One thing is to help the world's countries improve their hospital furniture. Another thing is to help the world's countries improve their hospital machinery.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their medical education. One thing is to help the world's countries improve their medical curriculum. Another thing is to help the world's countries improve their medical faculty.



El “gracioso” de *La traición en la amistad* de María de Zayas y Sotomayor

/ SEGUNDO PREMIO

AUTOR | JUAN PABLO GÓMEZ LOAIZA

COORDINADORA | YOLANDA MANCEBO SALVADOR

CENTRO | IES SAN MATEO

CIUDAD | MADRID

RESUMEN |

María de Zayas y Sotomayor es una de las autoras más importantes del Siglo de Oro español, y sus dos colecciones de novelas cortas (*Novelas amorosas y ejemplares* y *Desengaños amorosos*) han sido objeto de estudio por muchos de autores. Sin embargo, su única obra de teatro conocida, *La traición en la amistad*, no ha recibido apenas atención por parte de los especialistas. En este ensayo se pretende desenterrar esta pieza desde el trasfondo feminista que marca toda la obra de Zayas, y a través de León, el “gracioso” de *La traición en la amistad*.

Palabras clave: Barroco, Siglo de Oro español, feminismo, teatro, gracioso, donaire, Zayas.

ABSTRACT |

María de Zayas y Sotomayor is one of the most relevant feminine authors of the Spain’s Golden Age, and her collections of short novels (*Novelas amorosas y ejemplares* and *Desengaños amorosos*; in English *Amorous and Exemplary Novels* and *Disenchantments of Love*) have been studied by lots of authors. Nevertheless, her only known play, *La traición en la amistad*, has not received the same attention than her other works. This essay attempts to unearth this theatre piece, taking into account the feminist background that characterizes Zayas’ works and with the help of León, the donaire of *La traición en la amistad*.

Keywords: Baroque, Spain’s Golden Age, feminism, theatre, gracioso, donaire, Zayas.



PRELUDIO – SOBRE MARÍA DE ZAYAS

María de Zayas y Sotomayor nació en el año 1590 en Madrid, y se cree que murió en el año 1661. Cultivó la poesía y el teatro, pero no consiguió cierta fama hasta la publicación de sus colecciones de novelas cortas *Novelas amorosas y ejemplares* (1637) y *Desengaños amorosos* (1647). Zayas no destacó solo por la calidad de sus obras, sino por retratar a la mujer y su papel en la sociedad de su tiempo, y por entender el tema del amor desde una perspectiva novedosa y liberal.

ACTO I – SOBRE LA TRAICIÓN EN LA AMISTAD

Su única comedia conocida es *La traición en la amistad*, una comedia de enredo (o incluso de capa y espada) que no resulta innovadora en lo formal (sigue las sugerencias del *Arte nuevo de hacer comedias* de Lope de Vega) sino en el tema. Se nos presentan dos grupos de personajes bien diferenciados: en el de las damas encontramos a cuatro amigas, Laura, Belisa, Marcia y Fenisa. Esta última traiciona a las tres primeras al seducir a sus galanes, don Juan y Liseo (que tras aprovecharse de Laura pretende casarse con Marcia y gozar a Fenisa). En el grupo de los hombres figuran don Juan, Liseo, Gerardo (pretendiente incondicional de Marcia) y Lauro (que apenas interviene en la acción dramática). Acompañando a los señores actúan los “graciosos”, Lucía y León, este último lacayo de Liseo. Completan el *dramatis personae* Felis, el paje de Laura, y los músicos, Antonio y Fabio.

La trama muestra un enredo propio del vodevil (engaños, confusiones y enredos) sin renunciar al retrato costumbrista de los personajes, que se mueven en un contexto urbano. Fenisa, polígama y pasional, traiciona a sus amigas, robándoles los amantes y despreciando su honor. Marcia, ayudada por Laura y Belisa, busca venganza. Al final de la obra, Liseo se casa con Laura (dama a la que había burlado y a la que ya no ama), Marcia con Gerardo (el único carácter constante y positivo en toda la obra, premio de la ejemplar Marcia), don Juan con Belisa, y León con Lucía. Fenisa queda soltera, a modo de castigo por su engaño constante.

Al tema del amor entre damas y galanes, María de Zayas une el de la amistad traicionada, representado por uno de los personajes más originales del universo dramático barroco: la seductora y donjuanesca Fenisa, que no puede evitar la conquista de los amantes de sus amigas.

Sin embargo, este trabajo se centra en un personaje secundario: León, el “gracioso” de *La traición en la amistad*.

ACTO II – LEÓN, ENTRE DAMAS Y GALANES

En su primera intervención (verso 281) insulta a las criadas gallegas y a las mujeres frágiles y melindrosas. Es tosco, irónico y, en definitiva, lo que se podría es-



perar de cualquier “gracioso” áureo. A partir del verso 280 ofende a su amo don Juan, y cuenta una historia sobre una dama que es secuestrada por los moros y que al final prefiere no ser rescatada porque con ellos sí satisface sus deseos sexuales. Aunque parece que critica a la mujer por sus sórdidos apetitos, en realidad “reconoce el derecho a la satisfacción del deseo de la mujer” y señala lo absurdo que es que un hombre mujeriego como Liseo se preocupe por la castidad de las damas que engatusa. En el verso 554, y en la misma conversación con su amo, León nos cuenta una historia sobre un cura mujeriego con hijos repartidos por todo el pueblo – un ataque directo a la doble moral de la Iglesia que Zayas puede permitirse al esconderlo bajo el manto del “gracioso”.

En el verso 1.457 León despide a Liseo y Fenisa diciendo “Adiós, diablo arañador y engarrafadora gata”, así que Zayas guía al público, mediante la instrumentalización de su “gracioso”, a una interpretación moralizante de la obra.

En el verso 2.500, en una conversación con Belisa, vemos a un León inesperadamente reflexivo que discute sobre el infierno y los “infinitos infiernos” que vivimos en la Tierra. Sin embargo, y a pesar de su singularidad, León no es el único donaire filósofo: es interesante el caso de Coquín (*El médico de su honra*, de Calderón de la Barca), que reflexiona sobre el papel del “gracioso”, y el de Batín (*El castigo sin venganza*, de Lope de Vega), un “gracioso” más pedagogo y solemne. León también recuerda a Tristán (*La verdad sospechosa*, Juan Ruiz de Alarcón) en sus referencias a la cultura clásica, aunque, a diferencia de los “graciosos” alarconianos, no se preocupa en absoluto por la honra de su amo.

Al final de la tercera jornada, León resuelve pedir a Lucía la mano en matrimonio (final feliz típico de la comedia barroca). El diálogo que mantienen sobre cómo se ganarán la vida sin hacienda (sisando en la Corte) rompe cómicamente con lo dramático de la escena final. León pone el broche de oro a las traiciones de la obra, dirigiéndose al público:

LEÓN: Señores míos, Fenisa
 cual ven, sin amantes queda. 2910
 Si alguno la quiere, avise
 para que su casa sepa.

León, en su última intervención, se mueve entre el mundo de la realidad y el de la ficción. Invita al público a que intervenga en el espacio de la escena, instándole a enjuiciar los comportamientos de unos personajes que han traicionado a su propio sexo. Actúa como el coro griego, ejerciendo de intermediario, de ojo crítico (como Batín en *El castigo sin venganza*). Pide perdón por las faltas (la *Captatio benevolentiae*) y el aplauso. Zayas ha pergeñado un “gracioso” que critica “no solamente a su amo sino a la clase a la que pertenece”, y censura a la libertina Fenisa, que quedará “compuesta y sin galán”.

El “gracioso” de *La traición en la amistad* es un instrumento de adoctrinamiento



y diversión a partes iguales; simplón y bruto a ratos, reflexivo y satírico en otros momentos. Una voz subversiva que puede, porque es varón y porque es “gracioso”, criticar sin reservas, mover las conciencias, como habría querido hacer María de Zayas.

ACTO III – EL SENTIDO DE LO CÓMICO EN MARÍA DE ZAYAS

Zayas “tenía buen sentido de lo cómico”, tanto en su teatro como en sus novelas. No encontramos criados de la naturaleza de León en las novelas zayascas; el humor se construye a partir de situaciones jocosas (*El prevenido engañado*, por ejemplo) más que en el retrato de personajes.

El tratamiento humorístico del tema central, las conflictivas relaciones entre hombres y mujeres y las difíciles condiciones en que estas viven, diferencian la comedia de Zayas de sus maravillas. Un estudio de esas herramientas podría ser determinante a la hora de datar aquella y encontrar una razón de peso para asociar otras obras anónimas a un ingenio.

EPÍLOGO – OTRAS AUTORAS Y CONCLUSIÓN

Aunque Zayas es la principal autora del feminismo barroco, no fue la única voz en reclamar igualdad.

Su amiga y compañera Ana Caro de Mallén también fue conocida y reconocida entre los autores de su tiempo, aunque no llegó a idear ningún “gracioso” tan crítico como León. También es relevante Leonor de la Cueva y Silva, autora del drama de honor *La firmeza en el ausencia*, donde nos presenta a una dama que es ejemplo de conducta. Otro caso destacable es el de Feliciano Enríquez de Guzmán, una dramaturga y poetisa sevillana que se travistió para poder acceder a la universidad. Por último, hemos de citar a Sor Juana Inés de la Cruz, escritora del barroco novohispano y “la pionera indiscutible (por lo menos en el mundo hispanohablante) del movimiento moderno de liberación femenina”.

Otras autoras europeas contemporáneas que tratan temas similares a los de Zayas (como el de la violencia doméstica) son Hélicene de Crenne (en su obra *Les Angoysses douloureuses qui procedent d’amours*, 1538), Margaret Cavendish (*Convent of Pleasure*, 1668), y Madame de La Fayette (*La Princesse de Clèves*, 1678).

Algunos autores del barroco español se interesaron por mostrar la situación de la mujer en sus obras. La mayor parte de la producción de Mateo Alemán, Baltasar Gracián, Quevedo y parte de la de Lope de Vega (*La dama boba*, por ejemplo) censuraban el derecho a la educación de la mujer. Cervantes, por el contrario, defiende los derechos de las mujeres (el personaje de Dorotea en *El Quijote* o Preciosa en *La Gitanilla* son buenos ejemplos), al igual que Lope en algunas de sus obras (destaca Beatriz en *El alcalde mayor*).



Con todo, dentro de la corriente feminista barroca iniciada tímidamente por Christine de Pisan, Zayas es la autora más sobresaliente. Por ello resulta curioso que su figura y algunas de sus obras, como *La traición en la amistad*, no hayan recibido la atención debida por una buena parte de la crítica.

Espero que, al igual que yo, más estudiantes y estudiosos se animen a indagar en el cosmos de Fenisa y Liseo, así como en los mundos violentos y reivindicativos de la narrativa zayesca.

Aquellos que lo hagan descubrirán que, aunque Zayas haya muerto hace más de trescientos años, su obra y sus demandas siguen más vigentes que nunca.

BIBLIOGRAFÍA

- Alatorre, Antonio (1986), *Sor Juana y los hombres*, ITAM.
- Álvarez y Baena, Joseph Antonio (1789), *Hijos de Madrid, ilustres en santidad, dignidades, armas, ciencias y Artes*, Madrid.
- Arango L., Manuel Antonio (1980), “El “gracioso”: sus cualidades y rasgos distintivos en cuatro dramaturgos del siglo XVII: Lope de Vega, Tirso de Molina, Juan Ruiz de Alarcón y Pedro Calderón de la Barca”. En: Rivas Sacconi, José Manuel, *Thesaurus*, Bogotá, tomo XXXV, 2.
- Armon, Shifra (2002), *Picking Wedlock: women and the courtship novel in Spain*, Lanham, Rowman & Littlefield.
- Barrera y Leirado, Cayetano Alberto de la (1860), *Catálogo bibliográfico y biográfico del teatro antiguo español (desde sus orígenes hasta mediados del siglo XVIII)*, Madrid, imprenta y estereotipia de M. Rivadeneyra.
- Brownlee, Marina Scordilis (2000), *The cultural labyrinth of María de Zayas*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press.
- Calderón de la Barca, Pedro (1984), *El médico de su honra*. Edición de Williamsen, Vern, [en línea], disponible en: www.comedias.org/calderon/medhon.pdf.
- Campbell, Gwyn (1998), *(En) gendering Fenisa in María de Zayas's La traición en la amistad*, Washington and Lee University.
- Chul, Park (1997), “El feminismo ilustrado en el mundo literario de Cervantes”. En: Bernat Vistarini, Antonio, *Actas del tercer congreso internacional de la asociación de cervantistas*, Cala Galdana, Menorca.
- Ferrer Valls, Teresa (2005), “Locuras y sinrazones son las verdades: la figura del “gracioso” en las obras dramáticas escritas por mujeres”, en Luciano García Lorenzo (ed.) *La construcción de un personaje: el “gracioso”*, Madrid, Fundamentos.



- Foa, Sandra (1979), *Feminismo y forma narrativa, estudio de tema y las técnicas de María de Zayas y Sotomayor*, Valencia, Albatros.
- Gamboa Tusquets, Yolanda (2009) *Cartografía social en la narrativa de María de Zayas*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- Ivanovici, Victor (2001), Preciosa y su prenda tan preciada (una lectura de La Gitanilla). En: Villar Lecumberri, Alicia (ed.), *Cervantes en Italia: décimo coloquio internacional de la asociación de cervantistas*, Academia de España en Roma.
- Kohn, Mary Ellen (1994), *Violence against women in the novel of María de Zayas y Sotomayor*, Ann Arbor: UMI, cop.
- Maillard, María Luisa (2015), *Vida y obra de María de Zayas*, Madrid, EILA.
- Montesa Peydró, Salvador (1981), *Texto y contexto en la narrativa de María de Zayas*, Madrid, Dirección General de la Juventud y Promoción Sociocultural, D.L.
- Navarro Durán, Rosa (1998), “La «rara belleza» de las damas en las novelas de María de Zayas y de Mariana de Carvajal”. En: Carabí, Àngels y Segarra, Marta (eds.), *Belleza, dona i literatura*, Universitat de Barcelona.
- Oleza Simó, Joan (1994), “Alternativas al “gracioso”: la dama donaire”, Universitat de València. *Criticón*, 60, [en línea], disponible en: https://cvc.cervantes.es/literatura/criticon/PDF/060/060_034.pdf.
- Pauley, Caren Altchek (1985), *Social realism in the short novels of Salas Barbadillo, Céspedes and Zayas*, Ann Arbor, Michigan, University of Microfilms International.
- Paun de García, Susan (1988), *Traición en la amistad de María de Zayas*, Denison University.
- Pérez-Erdelyi, Mireya (1979), *La pícaro y la dama: la imagen de las mujeres en las novelas picaresco-cortesanas de María de Zayas y Sotomayor y Alonso del Castillo Solórzano*, Miami, Florida, Edic. Universal.
- Sánchez-Crespo Muñoz, María del Carmen (1995), “El personaje de Laura en La vengadora de las mujeres: cultura, tradición y modernidad”, en Blas Pedraza Jiménez, Felipe, y González Cañal, Rafael, *XVIII Jornadas de teatro clásico*. Almagro.
- Santolaria Solano, Cristina (1996), *Teatro y mujer en el Siglo de Oro: La traición en la amistad de Dª María de Zayas y Sotomayor*, Universidad de Alcalá, 1996. En Cruz García de Enterría, María, y cordón Mesa, Alicia (eds.), *Asociación Internacional Siglo de Oro*, actas del IV Congreso.
- Scott Soufas, Teresa (1997), *Women’s Acts: Plays by Women Dramatists of Spain’s Golden Age*, Kentucky, The University Press of Kentucky.
- Serrano y Sanz, Manuel (1903), *Apuntes para una biblioteca de escritoras españolas (desde el año 1401 al 1833)*, tomos I y II, Madrid, Sucesores de Rivadeneyra.



- Stroud, Matthew (1985), *Love, Friendship, and Deceit in La traición en la Amistad by María de Zayas*, Trinity University.
- Trambaioli, Marcella (2014), "El anti-don Juan de María de Zayas", *Revista de Literatura* LXXVI 152.
- Urban Baños, Alma (2014), *Las protagonistas ideadas por dramaturgas: ¿damas que desdicen de su nombre?* Alicante, Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes.
- Vasileski, Irma (1973), *María de Zayas y Sotomayor: su época y su obra*, Madrid, Pleayor.
- Vega Carpio, Lope de (1609), *Arte nuevo de hacer comedias en este tiempo*, [en línea], disponible en www.edu.mec.gub.uy.
- Vega Carpio, Lope de (1620), *El alcalde mayor*, [en línea], disponible en <http://artelope.uv.es/>.
- Vega Carpio, Lope de (1631), *El castigo sin venganza*, [en línea], disponible en <http://artelope.uv.es/>.
- Vega Carpio, Lope de (1613), *La dama boba*, [en línea], disponible en <http://artelope.uv.es/>.
- Velasco, Sherry (2001), *Lesbians in early modern Spain*, Nashville, Tennessee, Vanderbilt University Press.
- Vinces, Nancy Elena (2009), *María de Zayas: Lo paradójico de una escritora del Siglo de Oro español*, Florida, B.A. Florida Gulf Coast.
- Vollendorf, Lisa (2001), *Reclaiming the body: Maria de Zayas's early modern feminism*, Chapel Hill: U.N.C Department of Romance Languages.
- Wardropper, Bruce (1978), *La comedia española del siglo de oro*, Barcelona.
- Zabaleta, Juan de (1884), *El Día de fiesta por la mañana y por la tarde con una advertencia preliminar*. Edición digitalizada en el Repositorio de Objetos de Docencia e Investigación de la Universidad de Cádiz.
- Zavala, Irir (1997), *Breve historia feminista de la literatura española (en lengua castellana)*, tomo IV, Barcelona, Anthropos.
- Zayas y Sotomayor, María de (2006), *Desengaños amorosos*, Madrid, ediciones Cátedra.
- Zayas y Sotomayor, María de (1985), *La traición en la amistad*, San Antonio, Texas, Trinity University.
- Zayas y Sotomayor, María de (2014), *Novelas amorosas y ejemplares*, Madrid, ediciones Cátedra.
-

LINKS

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)



Olvido es nombre de mujer

/ TERCER PREMIO

AUTORA | ANNA PLADEVALL OROZ

COORDINADORA | ESTHER RIBA PUERTOLAS

CENTRO | IES MARIUS TORRES

CIUDAD | LLEIDA

RESUMEN |

El tema de mi investigación es una aproximación al mundo feminista a través de cuatro escritoras de Lleida, que no recibieron un reconocimiento en su momento por ser mujer y vivir en una época donde el trabajo y la literatura eran dominados por los hombres. Rosa Fabregat, Dolors Sistac, Cristina Lacasa y Concepció Maluquer son las escritoras seleccionadas y sus obras, los homenajes que les han realizado o en el caso de las dos primeras hasta las entrevistas que les he realizado me han permitido recrear sus biografías. Como conclusión establecería la posibilidad de darlas a conocer.

Palabras clave: Literatura, mujeres, feminismo, escritora.

ABSTRACT |

The investigation's topic is to introduce feminism through four writers from Lleida. They did not have been renowned artists because they were women in a time were the world was just for men. Rosa Fabregat, Dolors Sistac, Cristina Lacasa y Concepció Maluquer are the four women I had chosen and their work, tributes people had made for them or even the face to face interviews I could realize had allowed me to work on their biographies. The aim of this investigation is to show people local women's writers. Now, with more effort than ever, because of the recently sorrowfully death of Dolors Sistac.

Keywords: Literature, women, feminism, writer.



El tema de la investigación es una aproximación a los estudios de género, que en los últimos tiempos tienden a rescatar la voz de las artistas que en su época apenas tuvieron repercusión por razones socioculturales e históricas, principalmente.

Las primeras que empezaron este movimiento de lucha fueron Las Sinsombrero (Balló, 2016), las mujeres ocultadas de la Generación del 27. Sus nombres apenas aparecen mencionados en la Historia. Recuerdo haber estudiado la Generación del 27 en múltiples ocasiones, pero no haber encontrado apenas nombres de escritoras de talento semejante o incluso rivalizando con los grandes escritores de aquellos años. Ejemplos significativos los representan Concha Méndez, Rosa Chacel, Carmen Conde, Josefina de la Torre o Ernestina de Champourcín, entre muchas otras aún menos conocidas. Las mencionadas fueron grandes amigas del grupo de escritores de la Generación del 27, pero siempre se las consideraba las acompañantes, nunca se les valoró el talento que compartían. Rafael Alberti se refiere, por ejemplo, a Lucía Sánchez Saornil como una más de los poetas en sus memorias *La Arboleda Perdida*.

Todas ellas eran mujeres que se habían enfrentado a lo que diría la gente y que habían demostrado con creces su valía intelectual. Escribieran sobre el amor, el tiempo o el feminismo. Nada importaba, porque el pueblo no admitía que la voz femenina fuera escuchada. Despreciadas por algunos, ahora más que nunca, el presente y una lectura revisada de nuestra historia literaria debe hacerse eco de sus nombres. No se puede dejar atrás: representaría una injusticia que no puede quedar en el pasado. No eran sólo las amigas de los poetas, no eran sólo sus esposas, amantes o hijas. Ellas eran poetas. Fueron incomprendidas por una sociedad con miedo a mirar hacia adelante y quizás, por culpa de ello, destinada a estrellarse contra una pared retrógrada y anticuada con las tendencias que corrían en la Europa de entreguerras.

Los historiadores difuminaron sus nombres y nadie las reivindicó hasta la actualidad, donde empezamos a descubrir la magnitud de sus obras y de su capacidad creativa. La cortina de humo que las difuminó se puede llamar conservadurismo, dictadura, represión... Y alcanzó de lleno a la mujer y los derechos que había alcanzado en ese primer tercio del siglo XX, y en consecuencia derribó lo que había conseguido en aquellos años de oro 1931-1936 (el voto, mayor libertad, los primeros indicios de una conciencia feminista, etc.)

De la misma manera, muy cerca de nuestro hogar, también encontramos mujeres sin sombrero. También fueron eclipsadas por la sociedad de su época y no obtuvieron ningún tipo de reconocimiento en respuesta a su inteligencia creativa. El objetivo de esta investigación fue el de actuar como periodista entrevistando y conociendo a las mujeres que en nuestras tierras representaron un papel semejante a aquel de Las Sinsombrero. Consideraba que todo ello podía enriquecerme como mujer y como persona en una investigación a la que le dedicaría todo mi esfuerzo e ilusión.



Así, nuestra labor aborda las circunstancias y la obra de cuatro escritoras de Lleida, mi ciudad, que no recibieron un reconocimiento en su momento por el mero hecho de ser mujeres y vivir en una época donde el trabajo y la literatura todavía eran dominados por los hombres. El trabajo fue cobrando vida y forma gracias a mujeres con obras relegadas, poco leídas, como la escritora pallaresa Concepció G. Maluquer; la filóloga y doctorada Dolors Sistac; la doctora en Farmacia y pionera de la Ciencia Ficción en Cataluña, además de poeta, Rosa Fabregat, y la psicóloga y escritora aragonesa-leridana Cristina Lacasa.

La metodología utilizada se ha basado en la consulta y lectura de la mayor parte de las obras de las escritoras, homenajes hechos para ellas, archivos de Internet; y, gracias a otras grandes amigas y colaboradoras tuyas, he podido contactar con dos de ellas, aún vivas, y entrevistarlas personalmente.

El objetivo principal de mi trabajo era difundir las obras de estas autoras leridanas. Es decir, intentar dar a conocer tanto su vida como sus obras empezando por mi centro educativo, entre mis compañeros y profesores, e intentar que no queden en el olvido en su propio contexto histórico. Como conclusión, señalamos la obligación de darlas a conocer y mostrar la cantidad de obras que se hallan todavía relegadas.

Rosa Fabregat, Dolors Sistac, Cristina Lacasa y Concepció Maluquer son los cuatro pilares de mi investigación. Cuatro nombres de cuatro mujeres que ya forman parte de mi formación y mi biografía sentimental. Las he conocido, estudiado, leído y vivido a través de su persona, de ayudas indispensables, de lecturas e investigación constante. Cada una de ellas me resultó distinta de las demás y a su vez tan similar en conjunto a las otras. Todas, con personalidades desbordantes, tuvieron que luchar para salir adelante, sufrieron el silencio de una sociedad que no les prestó la atención que reclamaban y que sus obras merecían. Y sin embargo persistieron en su empeño y consiguieron dar pequeños pasos que quienes venimos detrás hoy valoramos inmensamente, sobre todo por haberlos empezado a dar cuando más difícil resultaba, cuando la situación histórica y social no lo brindaba nada fácil.

Rosa Fabregat formó parte de un laboratorio alemán, investigó la fecundación in vitro cuando tan solo era una mera fantasía, reivindicó el sacerdocio femenino, todo ello con la cabeza bien alta y las palabras bien claras, sin dejar de escribir todo lo que pensaba y anhelaba, en forma de novela y poesía, principalmente.

Dolors Sistac fue una periodista que no dejaba que le dijeran de qué sección formaban parte sus artículos, sino que escribía para eliminar las secciones masculinas; y así unir lo que nunca se debía haber separado, escribiendo, luchando, superando adversidades que la vida le presentaba, nunca dejó de enseñar la lengua catalana, de difundirla y apreciarla.



Cristina Lacasa creó su obra alrededor de la cual orientó su vida, en la cual se reflejaron su evolución intelectual y sus inquietudes y crisis. Psicóloga de formación, quiso penetrar en los rincones más recónditos del alma tanto a nivel científico, literario y religioso como espiritual. Extendió, a su vez, la importancia de reintegrarse en la naturaleza y a los animales, más aún en una segunda mitad del siglo XX que fue más agresiva que cualquier otra con el ser humano y su entorno natural.

Concepció Maluquer fue una luchadora que tampoco tuvo una vida sencilla. Se libró de los estereotipos y de las personas que intentaron guiarla por un camino que no sentía suyo. Los sentimientos y las emociones se muestran y mezclan en su magistral escritura. Jugaba con el idioma y lo hacía suyo, y lo compartía con todo el mundo; todos deberíamos poder leerla y admirarla por aquellas obras que merecieron el respeto de algunos de sus coetáneos más perspicaces y a la vez alejados de estereotipos.

Escribir es un arte que llama, que comunica y que perdura a lo largo del tiempo. La literatura refleja la sociedad en la que se origina. Las Sinsombrero y las autoras objeto de la presente investigación no lo tuvieron fácil para hacerse escuchar, tal vez por esa razón pensaron que hacerse leer era mejor opción. Gracias a su singularidad, hoy en día, surgen otras creadoras con una conciencia de género más afianzada y firme en las ideas y los derechos adquiridos por los cuales lucharon estas pioneras. Suyos fueron los gritos de rebeldía contra las injusticias sociales cuyas reivindicaciones no siempre se supieron apreciar. Ellas se constituyeron feministas *après la lettre*. Pedían la igualdad y exigían atención. Ellas son “mis olvidadas” pero yo no podré olvidarlas nunca.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajuntament de Lleida (1997), *Dones i literatura a Lleida*, Lleida.
- Balló, T. (2016), *Las Sinsombrero, sin ellas la historia no está completa* (3a ed.), Madrid, Espasa.
- Barbal, M. (2004), De la terra i del vent: Reivindicació de l'obra de Concepció G. Maluquer: perspectiva i projecció, URC, *revista literaria*, Núm. 19, (A. d. Lleida, Ed.).
- Bayo, E. (2009), *Lleida és femení: Dones per a la historia*, Lleida, Alfazeta edicions.
- Candel, F. (1964), *Els altres catalans* (2013 ed.), Barcelona, LaButxaca.
- Carrasco, B. (1979), Una editorial feminista catalana se presenta en Madrid, *El País*, [en línea], disponible en: http://elpais.com/diario/1979/06/28/cultura/299368816_850215.html, [consultado el 15/07/2016].



- Espina, C. (2010), *Peces en la tierra: antología de mujeres poetas en torno a la Generación del 27*, Sevilla, España, Fundación José Manuel Lara.
- Fabregat, R. (Intèrpret), (28 / Julio / 2016), *A cau d'orella*, Rosa Fabregat.
- Fabregat, R. (1994), *Ancorada en la boira. Obra poètica, 1953-1993*, Lleida, Pagès Editors.
- Fabregat, R. (2004), *Cauen instants*, Lleida, Pagès editors.
- Fabregat, R. (1983), *El turó de les forques*, Barcelona, Pòrtic.
- Fabregat, R. (1984), *Embrió humà ultracongelat núm F-77* (Col. El Brot ed.), Barcelona, Pòrtic.
- Fabregat, R. (1979), *Estelles*, Barcelona, La Sal Edicions.
- Fabregat, R. (1991), *La balda de la vida*, Lleida, Pagès editors.
- Fabregat, R. (1988), *La Capellana*, Barcelona, Elfos.
- Fabregat, R. (1981), *Laberints de Seda*, Lleida, El Portic.
- Fabregat, R. (1985), *Pel camí de l'arbre i de la vida* (Vol. El Bruc Volum 36), Barcelona, Pòrtic.
- Fabregat, R. (2005), *Roses de sang*, Lleida, Pagès Editors.
- G. Maluquer, C. (2001), *Gent del Sud*, Lleida, Garsineu edicions.
- G. Maluquer, C. (1960), *La ciutat i les hores*, Impremta Moderna.
- G. Maluquer, C. (1959), *La creu dels vents*, Barcelona, Impremta Moderna.
- G. Maluquer, C. (1991), *Lascaris Princesa grega*, comtessa del Pallars. (I. d. Ilerdencs, Ed.), Lleida: Cigne.
- G. Maluquer, C. (1991), *Lascaris. Princesa grega, comtessa del Pallars*. Lleida: Institut d'Estudis Ilerdencs.
- G. Maluquer, C. (2006), *Pallareses*. Tremp: Garsineu Edicions.
- Galerstein, C. L. (1986), *Women Writers of Spain: An Annotated Bio-bibliographical Guide*, Westport, Connecticut, EEUU, Greenwood Publishing Group.
- Ibars, T. / (2016), *Francesc Porta, el mirall trencat de la burgesia lleidatana*, Lleida, España, Pagès Editors. Col·lecció Guimet.
- Ihrie, M., & Pérez, J. (2002), *The Feminist Encyclopedia of Spanish Literature*, Westport, Connecticut, EEUU, Greenwood Publishing Group.
- Jarne, A. (1991), *La secció femenina*, Lleida, Pages editors.
- Lacasa, C. *Autoretrato*. Lleida.
- Lacasa, C. (2007), *Blog de Cristina Lacasa: Tejedora del decir del planeta*, [en línea], disponible en: <http://cristinalacasa.blogspot.com.es/>, [consultado el 26/12/2016].



- Lacasa, C. *Caballo*. Lleida.
- Lacasa, C. (2006), *Despertando la rosa y el instante*. Lleida: Milenio.
- Lacasa, C. (1981), *El viaje*. Málaga: Corona del Sur.
- Lacasa, C. (1983), *En un plural designio*. Madrid, España: Carboneras de Guadazaón.
- Lacasa, C. (1979), *Jinetes sin caballo*. (V. Pozanco, Ed.) Barcelona: Àmbito Literario.
- Lacasa, C. (2002), *La infinitud del pétalo*. Lleida: Milenio.
- Lacasa, C. (1953), *La voz oculta*. Lleida: La editora leridana.
- Lacasa, C. (2012), *Las fuentes siderales*. Lleida: Milenio.
- Lacasa, C. (1958), *Los brazos en estela*. Lleida: Artis estudios gràfics.
- Lacasa, C. (1981), *Los caballos sin brida*. Lleida: Dilagro.
- Lacasa, C. (1984), *Ramas de la esperanza (poemas ecológicos)*. Lleida: Dilagro.
- Lacasa, C. (1995), *Sin lastre en la cascada (tres laderas de un pàlpito)*. Lleida: Dilagro.
- Lacasa, C. (1959), *Un resplandor que perdonó la noche*. Barcelona: Atzavara.
- Lacasa, C., & Palau, A. (2006), *Jardí Mineral V: Cristalls i poemes*. Lleida.
- Magre, J. (1990), *Escriptors de Ponent de la A a la Z* (Ajuntament de Lleida ed., Vol. Volumen 1. Creació Literària). (V. i. S.A, Ed.) Lleida: Pagès.
- Maluquer, C. (1960), *La ciutat i les hores*. Imp. Moderna.
- Maluquer, C. (1959), *La creu dels vents*. Barcelona: Imp. Moderna.
- Maluquer, C. (1991), *Lascaris. Princesa grega, comtessa del Pallars*. Lleida: Institut d'Estudis Ilerdencs.
- Maluquer, C. (2006), *Pallareses*. Tremp: Garsineu Edicions.
- Miret i Sans, J. (1903), "La princesa griega Lascaris, condesa de Pallars en Catalunya". París: *Revue Hispanique*.
- Paella pel mànec (2008), *Edicions La Sal, els orígens de l'agenda de la dona*, La paella pel mànec, [en línea], disponible en: <https://paellapelmanec.wordpress.com/2008/12/16/edicions-la-sal-els-origens-de-lagenda-de-la-dona/>, [consultado el 7/06/2016].
- Rodríguez, A. (2008), *Dolors Sistac fomenta la lectura entre los alumnos del CEIP Enric Farreny, La Mañana*, [en línea], disponible en: http://www.clipmedia.net/ficheros/2008%5C02_feb%5Cz3893.pdf, [consultado el 15/06/2016].
- Roig, M. (1992), *Un pensament de sal, un pessic de pebre. Dietari obert (1990-1991)*. Barcelona: Edicions 92.



- Sàez, A. (19 / Junio / 2015), Oblit és nom de dona. *El Segre*, p. 1.
- Sistac, D. (1994), *Boires en la ciutat*. Barcelona: Columna.
- Sistac, D. (20 / Junio / 2016), Entrevista a Dolors Sistac. (A. Pladevall, Entrevistador).
- Sistac, D. (1997), *Les cançons de pandero o de tambor*. Lleida: Institut d'Estudis Ilerdencs.
- Sistac, D. (1994), *Passes de vellut*. Barcelona: Columna.
- Sistac, D. (2012), *Temps de llucar: Segona memoria I (1922-1947)*. Lleida, Lleida, Espanya: Editorial Pagès.
- Universitat de Lleida. (2006), *Càtedra Màrius Torres*, [en línia], disponible en: <http://www.catedramariustorres.udl.cat/>, [consultado el 14/12/2016].



Un estudio sobre la existencia de varios tipos de caballería superpesada en el bajo Imperio Romano

/ TERCER PREMIO

AUTOR | ALEJANDRO VILLANUEVA VILLALBA

COORDINADOR | ALFREDO CACHO GÓMEZ

CENTRO | IES RAMIRO DE MAEZTU

CIUDAD | MADRID

RESUMEN |

Este trabajo trata las diferencias entre los cuerpos de caballería superpesada en el Bajo Imperio Romano entre los siglos II d.C y IV d.C. La discrepancia se encuentra en interpretar a qué se refieren varios nombres de tipos de unidad de este estilo: catafractos y clibanarios, dado que en las fuentes primarias no se detalla. He llegado a la conclusión de que no existieron cuerpos diferentes de caballería superpesada en el Bajo Imperio Romano, sino que las distintas denominaciones son diferentes nombres del mismo tipo de unidad.

Palabras clave: Caballería superpesada, catafractos, clibanarios, Bajo Imperio Romano.

ABSTRACT |

This investigation discusses the differences between the superheavy cavalry units in the Late Roman Empire, from the II century A.D to IV century A.D. The disagreements among the historical community lie in the interpretation of the different names of these units: cataphracts and clibanarii, given that in the primary sources it is not explained. I have finally concluded that there were not different types of units of superheavy cavalry in the Late Roman Empire, but rather existed different names relating to the same sort of unit.

Keywords: Superheavy Cavalry, cataphracts, clibanarii, Late Roman Empire.



INTRODUCCIÓN

En este trabajo se trata el tema de la caballería superpesada en el ejército romano durante el Bajo Imperio a través de la pregunta de investigación: ¿Existieron diferentes tipos de caballería superpesada en el Bajo Imperio Romano (siglo II-IV d.C.)?

Dicho tema permanece irresoluto hasta el día de hoy por la gran ambigüedad en las fuentes primarias y la falta de un consenso en la comunidad historiográfica sobre la prevalencia de una u otra teoría. Hallamos el problema de que diversas fuentes primarias mencionan unidades de catafractos y clibanarios, pero ninguna detalla lo que eran exactamente dichos cuerpos, y de ahí surge la polémica.

Llegados a este punto, es pertinente explicar a qué nos referimos con los términos mencionados anteriormente. Se llama caballería superpesada a aquella en que tanto el jinete como la montura iban protegidos por una pesada armadura, lo que confería a estas unidades un gran poder de choque y una aureola de invulnerabilidad. El origen de los cuerpos de caballería superpesada tratados en esta investigación no se encuentra en el Imperio Romano, sino en Oriente Medio. Los romanos se enfrentaron por primera vez a ellos durante la guerra con los seléucidas (192 a.C-188 a.C), especialmente en la batalla de Magnesia (190 d.C). Posteriormente se volvieron a enfrentar a unidades similares en Tigranocerta ¹ (69 a.C), y en Carras (53 a.C), contra los partos.

Si bien el contacto con éstos fue una de las razones que llevaron a la adopción de la caballería superpesada en Roma, hubo otro pueblo que influyó notablemente en ello, los sármatas, cuyo ejército se basaba en unidades de caballería tanto ligera como acorazada. Se enfrentaron varias veces a Roma durante los siglos I y II d.C, y tuvieron varios éxitos tales como la aniquilación de varias legiones.²

A raíz de todos estos conflictos contra ejércitos compuestos principalmente de tropas de caballería se comenzaron a adoptar unidades de caballería inspiradas en las de sus enemigos para aportar a la legión la movilidad que le faltaba, idea expresada por Modderman (2015). Es durante el reinado de Adriano (117-138 d.C) cuando encontramos las primeras pruebas de su introducción en el esquema militar romano: un ejemplo es la mención del ala *I Gallorum et Pannoniorum catafractata* (CIL XI.2.1 5632, Bormann y Eugenius; 1901).

Aquí es donde entra en juego la pregunta de investigación. A partir del siglo IV d.C

¹ Batalla contra los armenios y su rey Tigranes el Grande. Se saldó con una victoria romana.

² Los sármatas destruyeron la Legio III Gallica en el 69 d.C y la de la Legio XXI Rapax en el 92 d.C. También es destacable su participación durante las Guerras Dacias (101-102 d.C), en la que los roxolanos, una tribu sármata, actuaron como aliados de los dacios enfrentándose pues a Roma. Es asimismo reseñable que en ese conflicto otra tribu sármata, los yacigios, luchó como aliada del Imperio.



aparece el término *clibanarius*, en contraposición al *cataphractus*. En *Historias*, Amiano Marcelino (*Historiae*, XVI, 10, 8) nombra ambos: “*Et incedebat hinc inde ordo geminus armorum clipeatus atque cristatus corusco lumine radians, nitidis loriceis indutus, sparsique cataphracti equites, quos clibanarios dictitant...*”³. En la *Notitia Dignitatum*⁴ aparecen asimismo como unidades diferenciadas. Así, menciona una unidad de *Equites Promoti Clibanarii* estacionada en la mitad oriental del Imperio a la par que unos *Comites Cataphractarii Buccellarii Iuniores* en la misma zona.

En cuanto a la motivación que me guió a la hora de hacer este trabajo, no fue sino la ambigüedad relativa al tema en todo aquello que leía. Mi interés por la Historia militar, especialmente de lo referente a la caballería, me llevó a intentar aprender sobre este tipo de unidades, y siempre aparecía este gran dilema en todo lo relacionado con la caballería tardoimperial romana. Así, decidí hacer mi propia investigación y ver si podía arrojar algo de luz sobre el asunto.

ANTECEDENTES

Como he mencionado anteriormente, la cuestión permanece sin resolver hasta la fecha. En la comunidad histórica hay una gran controversia acerca del tema, y hay teorías increíblemente dispares acerca de la caballería superpesada en el Imperio Romano. A pesar de la aparente concreción de la investigación, hay numerosas fuentes secundarias al respecto, dado su carácter universal. A pesar de que trate sobre el Imperio Romano, numerosos reinos, imperios y tribus orientales también hicieron uso de este tipo de caballería, y la resolución de la cuestión también podría implicar cambios en el conocimiento sobre los ejércitos de dichos pueblos.

Cabe mencionar la obra de Mielczarek *Cataphracti and clibanarii. Studies on the heavy armoured cavalry of the ancient world. Studies on the history of ancient and medieval art of warfare*, que es citada por la inmensa mayoría de las fuentes secundarias desde su publicación en 1993. También son destacables las investigaciones de Eadie (1957), Michalak (1987) y Modderman (2015), y en el ámbito nacional la de Soria Molina (2012).

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Con el objeto de plantear del trabajo, yo partí de la hipótesis de que no había una diferencia significativa entre los diferentes cuerpos de caballería superpesada en el Bajo Imperio Romano, pero más que buscar la prueba o refutación de dicha hipótesis, evalué todas las teorías con cierto peso que encontré.

³ “Después venían fuerzas de catafractos y clibanarios, como les llaman los persas...”

⁴ Para la investigación se ha utilizado la siguiente edición: Neira Faleiro, C. (2003). La “*Notitia Dignitatum*”: nueva edición crítica y comentario histórico. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. Recuperado de <http://eprints.ucm.es/3950/>



Además, perseguí los siguientes objetivos a lo largo de la investigación:

- Evaluar las teorías sobre el tema.
- Mantener la objetividad propia del historiador.
- Intentar esclarecer la cuestión estudiada.

DIFERENCIA EN EL EQUIPAMIENTO

Coulston (1983), por otra parte, defiende que la diferencia entre catafractos y clibanarios radicaba en su equipamiento: a pesar de que ambos tipos de caballería estaban igual de acorazados, los catafractos portaban únicamente una lanza y un escudo, mientras que los clibanarios se equipaban además de la lanza con un arco, pero sin escudo. Sin embargo, hay hechos que ponen en duda esta tesis. En la misma *Notitia Dignitatum* se puede observar que hay una unidad de *Equites Sagitarii Clibanarii*, mientras que del resto de unidades de clibanarios no se dice expresamente, como en el caso anterior, que porten arco. Ejemplificando, la unidad de *Equites Primi Clibanarii Parthi* o la unidad de *Equites Quarti Clibanarii Parthi*. Si solamente se especifica la condición de arqueros en una de las unidades, es probable que sea algo extraordinario que distinga a esa unidad en concreto, ya que en la *Notitia* se especifican solamente los rasgos definitorios más claros de cada unidad. Por tanto, deducimos que el resto de unidades de clibanarios en las cuales no se especifica que fueran arqueros no portaban arco.

Otros historiadores, como Eadie (1957), sostienen que la diferencia entre ambos es que mientras que tanto el clibanario como su montura estaban acorazados, en el caso del catafracto solo el jinete portaría armadura. Respecto a la posesión o no de armadura por parte de las monturas de los catafractos hay también gran disensión. Los partidarios de esta teoría sostienen que los catafractos creados en el siglo II no eran unidades en las que tanto el jinete como el caballo iban acorazados, sino que sólo el jinete portaría armadura. Esta armadura sería más pesada que la de los *contarii*⁵, unidades de caballería de choque en las cuales también solamente el jinete estaba protegido.

Mielczarek (1993) o Negin (1998) sostienen que la protección de las monturas de los catafractos estaría reservada a secciones concretas de la unidad, bien la oficialidad, bien la vanguardia de la unidad. Lo expresan según Vicente Sánchez (1999) porque defienden que, al ser la vanguardia la que debía absorber el choque, solo era necesaria la protección en la primera línea o los flancos de la unidad, de forma que los enemigos que recibieran la carga de la unidad solo lucharan en primera instancia contra catafractos completamente acorazados haciendo parecer a la unidad como más poderosa de lo que realmente era al suponer los enemigos que toda la unidad estaría igual de protegida.

⁵ De origen sárмата, cuerpo adoptado poco antes que la caballería catafractaria



Otros historiadores, como Michalak (1987), defienden que la relación entre el catafracto y la protección de la montura es intrínseca al término y por tanto consideran que la armadura del caballo era general en la mayor parte de los catafractos, especialmente a partir del siglo III. Personalmente creo que, aunque es posible que durante el siglo II los catafractos gozaran de una protección para sus monturas limitada, como propone Mielczarek (1993), durante el siglo III d.C los catafractos sí que tenían monturas acorazadas. El mismo Amiano Marcelino (*Historiae*, XXIV, 6, 8) dice que la montura de un grupo de catafractos está protegida por una armadura. Otro ejemplo es Flavio Arriano⁶ (*Ars Tactica*, IV, 1): “*De los jinetes del ejército algunos son catafractos, otros no. Los que sí lo son tanto los hombres como los caballos están cubiertos*”. Por tanto, al menos durante el siglo III, creo que es innegable el hecho de que la montura de los catafractos estaba protegida de algún modo.

DIFERENCIA EN LA FUNCIÓN TÁCTICA

Por último, otra propuesta es que ambos cuerpos de caballería pesada diferían en la función táctica que desempeñaban. Según Mielczarek (1993) los catafractos estarían especializados en el combate contra infantería, acometiendo con el *contus*, una lanza de caballería de unos cuatro metros de longitud de origen sármata, paralelo al costado del caballo. Los clibanarios por contra desempeñarían funciones de combate contra caballería, por lo que cargarían con la lanza empuñada con las dos manos en diagonal a la cerviz de sus monturas, por lo que las unidades de catafractos y clibanarios estarían equipadas con el mismo tipo de armadura y armas pero desempeñarían un rol radicalmente distinto en el campo de batalla.

Relacionado con esta teoría está el postulado de Soria Molina (2012), que afirma que hasta el siglo IV d.C sólo había catafractos en el ejército romano, surgiendo los clibanarios posteriormente. Según este historiador: *el clibanario surge como tal desde el momento en que el catafractario se ve obligado a enfrentarse a otra caballería o a otros catafractarios con demasiada frecuencia*. No obstante, se puede alegar que si portaban el mismo armamento y tenían la misma protección, y lo que los distinguía es la táctica, realmente no había distinción entre ambos cuerpos, ya que nada impedía a un catafracto cargar siguiendo la doctrina que Mielczarek (1993) atribuye a los clibanarios en el caso de enfrentarse contra caballería.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta todas las perspectivas desde las cuales se analiza la diferencia entre catafractos y clibanarios, personalmente me inclino por la corriente que no hace distinción entre ambos cuerpos, dado que es la única a la cual

⁶ En esta investigación se ha utilizado la siguiente edición de la obra de Arriano: Hyland, A. (1993). *Training the Roman cavalry: from Arrian's Ars tactica*. Sutton Pub Limited.



no he encontrado debilidades significativas durante la investigación. Así pues, concluimos que entre los cuerpos de catafractos y clibanarios en el ejército tardoimperial no había ninguna diferencia significativa, y por tanto estaríamos hablando del mismo tipo de caballería superpesada con dos nombres diferentes, por lo que podemos afirmar que solo existió un tipo de caballería de este tipo en el Imperio Romano.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi agradecimiento a Alfredo Cacho, mi profesor de Historia, por su inestimable guía y orientación para realizar esta investigación. Asimismo, debo también agradecer su ayuda a todos aquellos que han colaborado de un modo u otro para dicho fin.

BIBLIOGRAFÍA

- Coulston, J. C. N. (1983), *Roman Military Equipment: Proceedings of a Seminar Held in the Department of Ancient History and Classical Archaeology at the University of Sheffield*, 21st March 1983, Department of Ancient History and Classical Archaeology, University of Sheffield.
- Mielczarek, M. (1993), *Cataphracti and clibanarii. Studies on the heavy armoured cavalry of the ancient world. Studies on the history of ancient and medieval art of warfare*, Oficyna Naukowa MS, Lodz.
- Michalak, M. (1987), *The Origins and Development of Sassanian Heavy Cavalry in Near Eastern Studies in Honour of Jozef Wolski*, Folia Orientalia, 24, pp. 73-86.
- Hyland, A. (1993), *Training the Roman cavalry: from Arrian's Ars tactica*. Sutton Pub Limited.
- Marcelino, A. (2002), *Historia*, ed. Ma. Luisa Harto Trujillo, Madrid, Akal (Clásica).
- Eugenius, B. (1901), *Inscriptiones Aemiliae, Etruriae, Umbriae, Latinae... consilio et auctoritate Academiae Litterarum Regiae Borussicae edidit Eugenius Bormann. Inscriptiones Umbriae, viarum publicarum, instrumenti domestici comprehendens / Partis posterioris fasciculus prior*. apud G. Reimerum.
- Eadie, J.W. (1957), *The development of Roman mailed cavalry. The journal of Roman Studies* 57, pp. 161-173, [en línea], disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-roman-studies/article/div-clasitlethe-development-of-roman-mailedcavalrydiv/E89D7A62C01227CAB449B87C9145C616>, [consultado el 27/09/2017].



- Modderman, R. (2015), *Who were the cataphracts? An archaeological and historical investigation into ancient heavy cavalry in the Near East*, [en línea], disponible en: <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/31708>, [consultado el 25/09/2017].
- Molina, D. S. (2012), *Cataphracti y clibanarii. La caballería pesada del ejército romano, de Severo Alejandro a Justiniano. Aquila legionis: cuadernos de estudios sobre el Ejército Romano*, (15), pp. 117-163, [en línea], disponible en: https://www.academia.edu/8254383/Cataphracti_y_clibanarii._La_caballer%C3%ADa_pesada_del_ej%C3%A9rcito_romano_de_Severo_Alejandro_a_Justiniano, [consultado el 29/09/2017].
- Negin, A. E. (1998), "Sarmatian Cataphracts as Prototypes for Roman equites catafractarii", *Journal of Roman Military Equipment Studies*, 9, pp. 65-75, [en línea], disponible en: <https://www.rechercheisidore.fr/search/resource/?uri=10670/1.0rx91x>, [consultado el 29/09/2017].
- Neira Faleiro, C. (2003), *La "Notitia Dignitatum": nueva edición crítica y comentario histórico*, Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones, [en línea], disponible en: <http://eprints.ucm.es/3950/>, [consultado el 28/09/2017].
- Rattenbury, R. M. (1942), *An ancient armoured force*. *The Classical Review*, 56 (03), pp.113-116, [en línea], disponible en: http://www.jstor.org/stable/703551?seq=1#page_scan_tab_contents, [consultado el 28/09/2017].
- Sánchez, J. J. V. (1999), *Los regimientos de catafractos y clibanarios en la tardo antigüedad*. *Antigüedad y Cristianismo*, (16), [en línea], disponible en: <http://revistas.um.es/ayc/article/view/67441>, [consultado el 27/09/2017].
- Speidel, M. P. (1984), *Catafractarii clibanarii and the rise of the later Roman mailed cavalry*. *Epigraphica Anatolica*, 4 (1984), pp. 151-156, [en línea], disponible en: http://interclassica.um.es/investigacion/hemeroteca/e/epigraphica_anatolica/numero_4_19, [consultado el 26/09/2017].
-

LINKS:

Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores



Análisis de las causas de la ocupación de la Isla Formosa por parte de la Corona española

/ PREMIO ESPECIAL UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

AUTORA | SHUANG SHUANG YU

COORDINADOR | ALFREDO CACHO GÓMEZ

CENTRO | IES RAMIRO DE MAEZTU

CIUDAD | MADRID

RESUMEN |

Este trabajo analiza cuáles fueron las causas de la ocupación de la Isla Formosa por parte de la Corona española entre los años 1626 y 1642. La conclusión a la que se llega es que la ocupación se debe a dos motivos: económicos y religiosos. Por un lado, buscaban defenderse de la amenaza comercial de los holandeses sobre los intereses económicos de los españoles en la zona, así como utilizar la isla después como base para ampliar el comercio y, por otro, difundir el Evangelio de la Iglesia Católica en Asia y evitar a su vez la expansión del protestantismo.

Palabras clave: Ocupación, Corona española, Isla Formosa, siglo XVII.

ABSTRACT |

This research work analyzes which were the reasons that led to the occupation of Formosa Island by the Spanish Crown between 1626 and 1642. This analysis reveals that the occupation was due to economic and religious reasons. On one hand, the island allowed the Spanish to protect themselves from the economic threat posed by the Dutch to their economic interests in the area while turning into a base to expand their commerce; on the other hand, they wanted to spread Catholicism throughout Asia while at the same time preventing the expansion of Protestantism.

Keywords: Occupation, Spanish Crown, Formosa Island, XVII century.



Isla Formosa, también conocida como Isla Hermosa¹ en los documentos españoles, la Taiwán actual, está situada a setecientos kilómetros del norte de la isla de Luzón (Andrade, 2007), corazón de las Filipinas españolas, y a 130 kilómetros de China (Chang, 1989).

Los españoles llegaron a Formosa en mayo de 1626 (Ts'ao, 2001), ocupando la zona norte denominada Keelung², donde permanecieron durante dieciséis años hasta 1642 (Ts'ao, 2001), cuando fueron expulsados por los holandeses.

Ts'ao Yung-ho y José Eugenio Boraio Mateo cuentan que los antecedentes de la ocupación se encuentran en un documento del 26 de julio de 1586 (“Detalle de la memoria enviada al Consejo de Indias presentada por la Junta de Manila, sobre las reformas que deben establecerse”, 26 de julio de 1586) enviado al Consejo de Indias³ por la Junta de Manila, donde se habla de la posibilidad de las ocupación de áreas circundantes a las Filipinas. Isla Hermosa está entre las zonas propuestas (Ts'ao, 2001); (Boraio Mateo, 2009).

Tonio Andrade comenta que no fue hasta 1596 cuando el gobierno de las Filipinas se planteó seriamente establecer una colonia en Taiwan (Andrade, 2007). La razón se debió a que llegaron rumores a Manila sobre una posible expedición naval japonesa contra esta colonia española (Andrade, 2007) por parte de Toyotomi Hideyoshi⁴, que ya desde 1586 quiso expandir su territorio hacia China, poniendo después sus ojos en las Filipinas. Pero, según Boraio Mateo, su muerte en 1598 disipó el temor y el interés por conquistar Taiwán (Boraio Mateo, 2009), desapareciendo las referencias documentales sobre la amenaza japonesa (“Segundo memorial sobre la conquista de Isla Hermosa, que Luis Pérez Dasmariñas dirige al Gobernador General de Filipinas Francisco Tello”, 1597).

Mientras esta crisis duró, los españoles, según Tonio Andrade, temieron que los japoneses utilizaran Formosa como base para atacar Manila o que la utilizaran para establecer una base para acabar con el comercio entre Manila y China (Andrade, 2007). Esta afirmación de Andrade se apoya en la carta que Luis Pérez Dasmariñas, gobernador provisional de las Filipinas, envió al rey (“Carta que envía el gobernador interino Luis Pérez Dasmariñas⁵ a S.M. el rey, informándole

1 La palabra Formosa viene del portugués, que se refería a Taiwán como “Ilha Formosa”. Los españoles utilizaron la traducción de esta palabra, por eso “Ilha Formosa” pasó a ser “Isla Hermosa”.

2 Keelung también aparece en otros documentos transcrito como Chi-Lung, Kelang o Jilong.

3 Consejo de Indias: fue el órgano más importante de la administración indiana (América y las Filipinas), ya que asesoraba al Rey en la función ejecutiva, legislativa y judicial.

4 Toyotomi Hideyoshi (豊臣秀吉) (2 de febrero de 1537 – 18 de septiembre de 1598) fue un daimio del período Sengoku considerado como uno de los tres unificadores de Japón.

5 Luis Pérez Dasmariñas (1593-1596) era el hijo del Gobernador General de las Filipinas, Gómez Pérez Dasmariñas. Este gobernador general había dejado un documento antes de morir, por el que nombraba a su hijo como sucesor provisional hasta que se produjese un nuevo nombramiento. Luis Pérez Dasmariñas gobernó interinamente hasta el 14 de julio de 1596, hasta la llegada del gobernador Francisco Tello de Guzmán (1596-1602).



sobre la situación de Isla Hermosa y solicitando se le provea de municiones y gente, ante el temor de ser ocupada por los japoneses”, 8 de julio de 1596), donde cuenta que sería una desventaja si los japoneses ocupaban primero Isla Hermosa ya que, una vez allí, los españoles, para preservar la seguridad de la colonia, se verían forzados a aumentar sus defensas y fortificarla. Además, el memorial (“Primer memorial sobre la conquista de Isla Hermosa de Luiz Pérez Dasmariñas al Gobernador General de Filipinas, Francisco Tello”, 1597) que Dasmariñas envía al gobernador Francisco Tello⁶ habla de los perjuicios que sufriría la colonia si Japón se hiciera con Formosa. Entre estos, se señala que China dejaría de comerciar con Manila porque, debido a su cercanía con la isla, todos los navíos mercantes podrían ser interceptados por los japoneses.

Estos documentos son un ejemplo que demuestran la importancia que este lugar tenía como lugar estratégico tanto militar-defensivamente (proteger las Filipinas), pues era esencial para poder prevenir e interceptar ataques japoneses, como económicamente.

De lo anterior podemos deducir que una de las posibles causas de la ocupación sería la económica, pudiéndola dividir en económico-expansivo y económico-defensivo.

Los historiadores Chiu Hsin-Hui (Chiu, 2008), Borao Mateo y Ts’ao Yung-ho (Ts’ao, 2001) coinciden en que Formosa ocupa una posición estratégica-comercial en Asia al estar situada entre dos rutas comerciales internacionales importantes: una desde Macao hasta Japón, pasando por el Estrecho de Taiwán y otra de Chincheo⁷, que estaba al otro lado del Estrecho de Taiwán, hasta Manila (Ts’ao, 2001). Además, desde allí se podría establecer comercio no solo con China, sino que también con la Conchinchina, Siam, Camboya y Japón (Chiu, 2008).

El interés económico-expansivo de España por la isla surge de lo arriba mencionado. Esto se puede demostrar gracias a documentos como el memorial del dominico Bartolomé Martínez (“Memoria del dominico Bartolomé Martínez acerca de la ‘Utilidad de la conquista de Isla Hermosa’”, 1619), donde resalta la ubicación ideal que tiene Formosa, y añade que, si Manila quiere establecer comercio con Conchinchina, Siam, Camboya y principalmente Japón, ocupar Formosa sería de gran utilidad y muy lucrativo. Además, dice que esta isla está cerca de las zonas más ricas de China, al otro lado del estrecho de Taiwán.

En cuanto al interés económico-defensivo, se debía a que los holandeses consideraron que, para expulsar a los españoles de la zona, tenían que debilitar Manila. No intentaron conquistar Manila, sino asfixiar la colonia española

⁶ Francisco Tello de Guzmán (1596-1602) es el sucesor de Gómez Dasmariñas, anterior Gobernador General de las Filipinas.

⁷ Chincheo, también llamado Zhangzhou.



económicamente a través de bloqueos estacionales, de diciembre a julio (Borao Mateo, 2009), intentando capturar los galeones provenientes de Acapulco⁸ y atacando el comercio chino (Borao Mateo, 2009). Esto llevó a que ocuparan la parte sur de Formosa en 1624.

Fue la ocupación holandesa de la parte sur de Formosa lo que provocó que los españoles reaccionaran ocupando la parte norte de Formosa como contrapeso ante la amenaza holandesa, hecho con el que numerosos historiadores como Chiu Hsin-Hui (Chiu, 2008), Borao Mateo, Tonio Andrade (Andrade, 2007), Denny Roy (Roy, 2003) o John E. Wills Jr (Wills Jr., 2010) concuerdan, considerándola como la causa inmediata.

John E. Wills Jr. defiende que fue un intento de proteger la economía española en las Filipinas, para tener un lugar donde los comerciantes chinos comerciasen con los españoles sin la interferencia holandesa (Wills Jr., 2010). Según Borao Mateo, esto se debe a que el comercio con China era necesario para la supervivencia de las Filipinas (Borao Mateo, 2009). El descenso del comercio sino-español (Borao Mateo, 2009) provoca que Real Hacienda de Filipinas informase al rey de España de que apenas llegaban embarcaciones de China (“Detalle de una carta de los oficiales de la Real Hacienda de Filipinas a S.M.”, 10 de agosto de 1624); mientras, el Fray Miguel García Serrano, arzobispo de Manila, le escribió al rey de España diciéndole que la influencia de los holandeses era tan fuerte como para disminuir el comercio con China, pues solo había llegado una embarcación a Manila en todo lo que llevaban de año (1624). Así pues, se puede observar que la situación de la colonia era precaria inmediatamente después de que los holandeses se establecieran en Formosa.

Otro motivo defendido para la conquista de Formosa es el religioso.

Zhang Haipeng considera que el factor religioso-expansivo fue importante (Zhang, 2014), ya que, como dice Chiu Hsin-Hui, los españoles consideraban que su “deber divino” era la propagación del Evangelio Católico por todo el mundo (Chiu, 2008). Esto está confirmado en el documento que Fray González escribió donde dice que la bula papal de 1493 encarga a los reyes de España el deber de predicar la fe a todos estos reinos reinados por paganos (“Razonamiento de Fr. Domingo González, acerca de la licitud de la conquista de Isla Hermosa”, 7 de febrero de 1626).

Tonio Andrade defiende que la orden dominicana en Manila mostraba un interés en Formosa como la puerta de la expansión de la fe católica a China y Japón (Andrade, 2007), visión compartida por Borao Mateo (Borao Mateo, 2009). El Arzobispo de Manila, Miguel García Serrano, expresa en un documento de 1627 que se está invirtiendo mucho dinero y esfuerzo para que la isla se convierta en la puerta de la conversión de China a la fe (“Concesión de la facultad

⁸ Ver anexo 1



para administrar sacramentos en la Isla Hermosa, dada a los dominicos por el Arzobispo de Manila, Miguel García Serrano”, 18 de julio de 1627).

Otro de los objetivos era la conversión de los nativos en Formosa (Andrade, 2007). En una carta al rey de España, el gobernador de las Filipinas, Juan Niño de Tavora, le informa que se van a enviar todos los misioneros necesarios para la conversión de los nativos (“Carta de don Juan Niño de Tavora a S.M el Rey, informándole de varios asuntos relativos a la Isla Hermosa”, 20 de julio de 1626).

La conversión de los nativos también tenía la finalidad de frenar el avance del protestantismo, ya que, según dice Zhang Haipeng, los holandeses apoyaron la expansión del calvinismo en la isla (Zhang, 2014). Boraio Mateo dice que, por primera vez, en lugares como Taiwán, los misioneros católicos y protestantes compitieron en la misma área extranjera (Boraio Mateo, 2009).

CONCLUSIÓN

La ocupación de la Isla Formosa por parte de la Corona española, planteada por primera vez en un proceso de expansión general en el área (1586) y más tarde en 1596 debido a la amenaza japonesa sobre Manila, se realiza en 1626 debido a dos causas: la económica y la religiosa. La causa económica se puede dividir en económica-defensiva (para defenderse de la amenaza comercial de los holandeses sobre los intereses económicos de los españoles en la zona) y económica-expansiva (para utilizar después la isla como base para ampliar el comercio con China y reinos adyacentes) y la religiosa en religiosa-expansiva (difusión del Evangelio de la Iglesia Católica en Asia) y religiosa-defensiva (impedir la difusión del protestantismo).

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, Tonio (2007), *How Taiwan Became Chinese: Dutch, Spanish, and Han Colonization in the Seventeenth Century*. Nueva York, Columbia University Press.
- Andrade, Tonio (2007). *How Taiwan Became Chinese: Dutch, Spanish, and Han Colonization in the Seventeenth Century*. Columbia University Press, [en línea], disponible en: <http://www.gutenberg-e.org/andrade/andrade04.html>, [consultado el: 12/03/2017].
- Asociación Cultural Galeón de Manila, *El Galeón de Manila*, disponible en: <http://www.galeondemanila.org/index.php/es/filipinas/el-galeon-de-manila>, [consultado el: 13/03/2017].



Borao Mateo, José Eugenio (2009), *The Spanish Experience in Taiwan, 1626-1642: The Baroque Ending of a Renaissance Endeavour*, Hong Kong, Hong Kong University Press.

Borao Mateo, José Eugenio (2001), *Spaniards in Taiwan*. Taipei, SMC Publishing Inc., v. 1 (1582-1641). Se han consultado:

- “Carta de don Juan Niño de Tavora a S.M el Rey, informándole de varios asuntos relativos a la Isla Hermosa”, (20 de julio de 1626, Manila), pp. 76-77.
- “Carta que envía el gobernador interino Luis Pérez Dasmariñas a S.M. el rey, informándole sobre la situación de Isla Hermosa y solicitando se le provea de municiones y gente, ante el temor de ser ocupada por los japoneses”, (8 de julio de 1596, Cavite), pp. 18-20.
- “Concesión de la facultad para administrar sacramentos en la Isla Hermosa, dada a los dominicos por el Arzobispo de Manila, Miguel García Serrano”, (18 de julio de 1627, Manila), pp. 95-96.
- “Detalle de la memoria enviada al Consejo de Indias presentada por la Junta de Manila (formada por el Gobernador Santiago de Vera y cincuenta miembros más), sobre las reformas que deben establecerse”, (26 de julio de 1586, Manila), p. 16.
- “Detalle de una carta de los oficiales de la Real Hacienda de Filipinas a S.M.”, (10 de agosto de 1624, Manila), p.57.
- “Fray Miguel García Serrano, arzobispo de Manila, escribe una carta al Rey informándole de varios sucesos, entre otros el de la llegada de los holandeses a Isla Hermosa”, (15 de agosto de 1624, Manila), p. 57.
- “Memoria del dominico Bartolomé Martínez acerca de la ‘Utilidad de la conquista de Isla Hermosa’”, (1619, Manila), pp. 40-47.
- “Primer memorial sobre la conquista de Isla Hermosa de Luiz Pérez Dasmariñas al Gobernador General de Filipinas, Francisco Tello” (1597), pp. 21-23.
- “Razonamiento de Fr. Domingo González, acerca de la licitud de la conquista de Isla Hermosa”, (7 de febrero de 1626, Manila), pp. 58-61.
- “Segundo memorial sobre la conquista de Isla Hermosa, que Luis Pérez Dasmariñas dirige al Gobernador General de Filipinas Francisco Tello”, (1597), pp. 27-31.

Ts’ao, Yung-ho. Prefacio (14 de Febrero, 2001) extraído de la obra de Borao Mateo, José Eugenio (2001), *Spaniards in Taiwan*. Taipei, SMC Publishing Inc., v. 1 (1582-1641).

Chang, Kuang-chih (1989), *The Neolithic Taiwan Strait*, [en línea], disponible en: <http://http-server.carleton.ca/~bgordon/Rice/papers/App.18ChangKC89.pdf>, [consultado el 12/03/2017].



Chiu, Hsin-Hui (2008), *The Colonial 'civilizing Process' in Dutch Formosa: 1624-1662*, Leiden, Brill.

Roy, Denny (2003), *Taiwan: A Political History*. Ithaca, Cornell University Press.

Wills Jr., John E. (2010), *China and Maritime Europe, 1500–1800: Trade, Settlement, Diplomacy, and Missions*. Cambridge, Cambridge University Press.

Zhang, Haipeng (2014), *A history of Taiwan: from prehistory to the present*. Beijing, Foreign Languages Press.

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)

Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores

ANEXO 1

Ruta del Galeón de Manila



Extraído de Galeón de [Manila.org](http://www.galeondemanila.org/index.php/es/filipinas/el-galeon-de-manila):
<http://www.galeondemanila.org/index.php/es/filipinas/el-galeon-de-manila>

the 1990s, the number of people in the world who are illiterate has increased from 1.2 billion to 1.5 billion.

It is not only illiterates who are excluded from the benefits of modernization. The vast majority of the world's population lives in rural areas, where the benefits of modernization are also limited.

As a result, the vast majority of the world's population lives in poverty. This is a situation that is not sustainable in the long run.

The world needs a new paradigm of development that is based on the principles of sustainability and equity.

Such a paradigm would ensure that the benefits of modernization are shared by all people, and that the environment is protected for future generations.

It is only in this way can we hope to create a world that is truly sustainable and equitable.

The world needs a new paradigm of development that is based on the principles of sustainability and equity.

Such a paradigm would ensure that the benefits of modernization are shared by all people, and that the environment is protected for future generations.

It is only in this way can we hope to create a world that is truly sustainable and equitable.

The world needs a new paradigm of development that is based on the principles of sustainability and equity.

Such a paradigm would ensure that the benefits of modernization are shared by all people, and that the environment is protected for future generations.

It is only in this way can we hope to create a world that is truly sustainable and equitable.

the 1990s, the number of people in the world who are illiterate has increased from 1.2 billion to 1.5 billion.

It is not only illiterates who are excluded from the benefits of modernization. The vast majority of the world's population lives in rural areas, where the benefits of modernization are also limited.

As a result, the vast majority of the world's population lives in poverty. This is a situation that is not sustainable in the long run.

The world needs a new paradigm of development that is based on the principles of sustainability and equity.

Such a paradigm would ensure that the benefits of modernization are shared by all people, and that the environment is protected for future generations.

It is only in this way can we hope to create a world that is truly sustainable and equitable.

The world needs a new paradigm of development that is based on the principles of sustainability and equity.

Such a paradigm would ensure that the benefits of modernization are shared by all people, and that the environment is protected for future generations.

It is only in this way can we hope to create a world that is truly sustainable and equitable.

The world needs a new paradigm of development that is based on the principles of sustainability and equity.

Such a paradigm would ensure that the benefits of modernization are shared by all people, and that the environment is protected for future generations.

It is only in this way can we hope to create a world that is truly sustainable and equitable.



Neoliberalismo y Darwinismo social. La gran pandemia del siglo XXI

/ ACCESIT

AUTORA | ANTONIA LÓPEZ GALINDO

COORDINADOR | SANTIAGO QUINTANILLA LÓPEZ

CENTRO | IES FRANCISCO DE GOYA

CIUDAD | MOLINA DE SEGURA

RESUMEN |

Tomando como punto de partida la situación de las Ciencias Naturales en la época de Darwin, realizamos un análisis de la recepción de las ideas evolucionistas, a través de los distintos movimientos racistas, xenófobos y colonizadores que han existido a lo largo de la historia. Aprovechando la teoría de Darwin, dichas doctrinas intentaban aportar una visión científica a sus programas racistas. De esta manera, se produce una ruptura dentro del Darwinismo, nació así el Darwinismo social. Esta nueva concepción de la teoría darwiniana afectó a toda la sociedad en su conjunto, y es sobre todo la economía, el foco de esta teoría sociobiológica. Un Darwinismo encubierto, partidario de la “lucha por la supervivencia” entre los grandes monopolios y las pequeñas empresas; y defensor de la “supervivencia del más apto”, basado en la mano de obra barata.

Palabras clave: Movimientos racistas, Darwinismo social, lucha por la supervivencia, monopolios, mano de obra barata.

ABSTRACT |

Taking as a starting point the situation of the Natural Sciences in the time of Darwin, we make an analysis of the reception of the evolutionist ideas, through the different racist, xenophobic and colonizing movements that have existed throughout history. Taking advantage of Darwin's theory, these doctrines tried to provide a scientific vision for their racist programs. In a certain way, a rupture happened within Darwinism, so Social Darwinism was born. This new conception of the Darwinian theory affected the whole society as a whole, and it is mainly economics, the focus of this sociobiological theory. An undercover Darwinism, supporter of the “struggle for survival” between the big monopolies and small businesses; and a defender of the “survival of the fittest”, based on cheap labor.

Keywords: Racist movements, social Darwinism, struggle for survival, monopolies, cheap labor.



INTRODUCCIÓN

Ciencia y religión son las dos grandes visiones contrapuestas globales más importantes, presentes a lo largo de toda la historia de la Humanidad. Hoy, para apoyar la actual supremacía de la ciencia sobre la religión, se hace a menudo una interpretación sesgada de los mismos casos, Galileo y Darwin. Así como el hito de la Revolución Copernicana fue la publicación del libro *Sobre las revoluciones de las esferas celestes*, el hito de la Revolución Darwiniana fue la publicación del libro *El Origen de las Especies por medio de la selección natural, o La preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida* de Charles Darwin.

A lo largo de la historia se han planteado dos teorías sobre el origen de la diversidad de especies existentes en la tierra: las teorías fijistas y las evolucionistas.

- Teorías fijistas. El fijismo o teoría fijista es una creencia que sostiene que las especies actualmente existentes han permanecido invariables desde la Creación, así lo afirmaba el *Génesis*.
- Teorías evolucionistas. Las teorías evolucionistas proponen que las especies actuales descienden de antepasados comunes y que han cambiado, y siguen haciéndolo, a medida que pasa el tiempo. Los procesos evolutivos han causado la biodiversidad en cada nivel de la organización biológica.

En 1809 se publicó en París *Filosofía Zoológica*, el primer tratado completo sobre evolución adaptativa. La Teoría de Lamarck (1809) se basa en los siguientes principios: Ley del uso y desuso, la herencia de los caracteres adquiridos y la teoría de la función. Darwin inmediatamente formuló su teoría de la selección natural, basada en la adaptación y en la teoría del ancestro común. Este concepto no rechaza las diferencias individuales entre individuos, éstas son intra-especie, no interraciales.

La contribución de Charles Darwin a los conocimientos científicos fue doble:

8. Presentó las pruebas para demostrar que la evolución había ocurrido, a la vez que formuló la teoría de la selección natural, la cual enuncia que los individuos mejor adaptados sobreviven y transmiten los caracteres hereditarios a la descendencia, para explicar el mecanismo de la evolución biológica. Este proceso sería el responsable de modificar órganos y hábitos dando lugar a la aparición de nuevas especies.

9. Otra característica del Darwinismo, independiente de la selección natural, es la teoría del ancestro común. Según esta teoría toda la vida que existe en la actualidad, tiene su origen en uno o unos pocos progenitores originarios. La evidencia de esto, según Darwin, está en aquellos rasgos no adaptativos que pueden hallarse en ciertas especies que han permanecido.



Cabe sospechar que el éxito del libro de Darwin pudo deberse a la aplicación a la naturaleza de las doctrinas económicas y sociales de Malthus y Spencer¹, a los que Darwin reconoce el mérito de los conceptos “lucha por la vida” y “supervivencia del más apto”. La Teoría de Lamarck y la Teoría de la Evolución de Darwin provocaron un “cambio de paradigma”², el concepto de evolucionismo.

Partiendo de una demostración positiva de la doctrina evolucionista, se ejerce una considerable influencia en el desarrollo de la filosofía y altera profundamente arraigadas concepciones acerca de la vida y del hombre.

HIPÓTESIS DE PARTIDA

Partimos de una hipótesis inicial, que es la siguiente:

- Analizar cómo el pensamiento y las teorías de Darwin derivan y son aprovechadas para construir y justificar planteamientos racistas. Subrayamos que lo que se hace es aprovechar y “degenerar” el pensamiento de Darwin.

De aquí surgen otros aspectos, que dan lugar a la hipótesis principal:

- La vigencia o no del Darwinismo en la actualidad, específicamente la influencia del Darwinismo social en la actividad económica.

La economía es un punto clave para el Darwinismo social, aunque éste siempre ha estado oculto y encubierto por ciertos “factores oscuros”.

1 Filósofo evolucionista inglés (1820-1903). Nació en Derby, y siendo hijo de un maestro que quiso ensayar en su hijo sus teorías pedagógicas, fue autodidacta. Trabajó como ingeniero y como periodista económico, y fue amigo de T. Huxley, de Francis Galton, del famoso físico James C. Maxwell, del antropólogo James G. Frazer, y de J. Stuart Mill. A los cuarenta años concibió un vasto sistema filosófico evolucionista, con anterioridad a Darwin, que desarrolló a lo largo del resto de su vida. Por ello, saludó la aparición del darwinismo como una corroboración de sus concepciones, e integró el evolucionismo darwiniano en sus sistema filosófico, en el cual desarrolló la idea de que la evolución, entendida como concepto unificador, rige toda la realidad fenoménica, desde el sistema solar hasta las especies animales; desde la naturaleza inorgánica hasta las sociedades, la moral y la vida del espíritu, que en cierta forma se hereda. Ejerció una gran influencia en la filosofía y en la cultura de finales del siglo pasado, especialmente sobre Bergson.

2 “Paradigma” del griego *parádeigma*, “ejemplar, modelo, ejemplo”. Por su origen y atendida su etimología, es el “ejemplo” de los retóricos antiguos y, de aquí, su uso general como ejemplo o patrón ideal de alguna cosa o conducta. Platón aplica el término a las ideas o formas de todas las cosas, que constituyen el modelo que el demiurgo imita en la organización del mundo. Wittgenstein utiliza el término en el sentido de “molde” del pensamiento o estereotipo.

Es la noción central de la filosofía de la ciencia de Th. Kuhn, tal como la desarrolla en su obra *La estructura de las revoluciones científicas* (1962). La ciencia no es meramente un sistema teórico de enunciados que se desarrollan en la mente de los individuos que se dedican a ella, sino que es una actividad que lleva a cabo una comunidad de científicos, en una época determinada de la historia y en condiciones sociales concretas. El desarrollo histórico de la ciencia supone la existencia de un “paradigma”, que Kuhn define como un conjunto de creencias, valores y técnicas compartidos por una comunidad científica. En un sentido más restringido, un paradigma es también una realización modélica de la actividad científica, explicada en libros de texto científicos, conferencias o trabajos de laboratorio.

Kuhn, Th. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*.



METODOLOGÍA

Las fuentes, tanto primarias como secundarias, y su análisis, me han aportado la documentación y los datos para la elaboración del trabajo, siendo también de enorme importancia la prensa. He intentado completar mi visión con varias películas, como *La Duda de Darwin*, *La isla del Dr. Moreau*, *La Guerra de los Mundos* y *Un mundo feliz*.

MARCO TEÓRICO

Nos parece necesario realizar un recorrido teórico e histórico que, además, nos permita una visión global de qué es y cómo surge el darwinismo, para que este contexto teórico nos ayude a entender y desarrollar la derivación que supone el Darwinismo social.

TRANSICIÓN DE LA TEORÍA DARWINISTA AL DARWINISMO SOCIAL

El darwinismo social es una corriente de pensamiento sociológico surgida a finales del siglo XIX, que defiende que la Teoría de la Evolución de Charles Darwin tiene aplicaciones sociales en instituciones humanas. Bajo este término, pueden entenderse tres doctrinas distintas: a) la extrapolación del darwinismo (teoría biológica) a la explicación de la sociedad, que origina una teoría de sesgo ultraconservador y racista. Habitualmente ésta es la acepción más conocida del darwinismo social; b) una variante de la Sociobiología, que intenta explicar la aparición y persistencia de ciertas conductas sociales a partir de la hipótesis de un mecanismo evolutivo de supervivencia (Freud y Bowlby); c) la hipótesis de una evolución de las instituciones sociales y de las colectividades humanas.

DEFINICIÓN DE DARWINISMO SOCIAL Y LAS CIENCIAS SOCIALES

El darwinismo social es una corriente de pensamiento sociológico surgida a finales del siglo XIX, que defiende que la teoría de la evolución de Charles Darwin tiene aplicaciones sociales en instituciones humanas. Está fuertemente inspirada por la filosofía de Herbert Spencer en un inicio, que consiste en una extrapolación de la teoría evolucionista de Darwin -basada en la selección natural, la lucha por la existencia y la supervivencia de los más aptos- como mecanismo de evolución social, al terreno de la Sociología, y que pretendía fundamentar biológicamente las Ciencias Sociales. A partir de la idea de Darwin de que la evolución se produce por la supervivencia de los más aptos, algunos interpretaron que la naturaleza era una lucha continua de todos contra todos y que el motor del progreso era esa lucha.

El darwinismo fue reivindicado desde las posiciones ideológicas más opuestas, desde las teorías racistas, que hablaban de la supremacía de la raza blanca, hasta los sociólogos marxistas, que reducían la evolución social a la lucha de



clases. La publicación de Darwin, en 1859, supuso una revolución intelectual que inauguró una nueva era en la historia cultural de la Humanidad.

SOCIALDARWINISMO: EL ARMA DE LOS OPRESORES

El Socialdarwinismo, con el capitalismo y sus administradores, presenta como una ley natural la opresión al menesteroso, las llamadas “razas inferiores”, minusválidos, así como pequeños empresarios por parte de las grandes compañías. Los más adheridos al socialdarwinismo fueron los racistas y eugenistas, entre ellos los ideólogos nazis y el eugenista Francis Galton, (Soutullo, D., 1997) primo de Darwin. Todos con el supuesto objetivo de una mayor calidad de individuos a través de la eliminación de los genéticamente defectuosos. Otra calamidad, que tiene su justificación por medio del socialdarwinismo, es el colonialismo. La principal hipótesis para la legitimación de la dominación imperialista Europea sobre África y Asia fue el uso ideológico del Darwinismo social. Por otro lado, el colonialismo, clasificaba a las sociedades en tres etapas evolutivas: bárbara, primitiva y civilizada. Los europeos se consideraban miembros del tercer tipo (civilizados) y clasificaron a los asiáticos y africanos como los bárbaros.

ORIGEN DE LA EUGENESIA³ LAS LEYES EUGENÉSICAS NORTEAMERICANAS

En la Eugenesia tradicional se distinguía entre “eugenesia negativa”, consistente en impedir la reproducción de individuos con características indeseables, y la “eugenesia positiva”, consistente en estimular la reproducción entre aquellos que tienen características consideradas positivas. Ya desde antiguo se hallan ideas y medidas de tipo eugenésico, tanto de signo negativo (como la eliminación de los niños débiles en Esparta), como positivo (el emparejamiento de individuos bien dotados que se recomienda en la *República* de Platón). En Estados Unidos durante la primera mitad del siglo XX, la Eugenesia alcanzó un alto grado de influencia entre científicos y administradores gubernamentales en el mundo angloparlante. Un moderado número de leyes y directivas burocráticas tomaron un sesgo eugenésico.

En la actualidad, hay sociedades eugenistas compuestas por científicos prestigiosos, como la llamada antes *Optimum Population* y recientemente Population Matter (<http://www.population-matters.org>)⁴. Entre los componentes de este grupo se encontraban el famoso divulgador naturalista Sir David Frederick Attenborough y el Comandante Jacques- Yves Cousteau.

3 Kevles, D. J. (1985), *La Eugenesia, ¿Ciencia o utopía? Una polémica que dura cien años*, Planeta, Barcelona; Soutullo, D. (1997), *La Eugenesia. Desde Galton hasta hoy*, Madrid, Talasa.

4 <https://www.spectator.co.uk/2016/04/the-return-of-eugenics/>. En este artículo se analizan las ideas eugenésicas de este “grupo de presión.



Con otras estrategias han llevado la bandera de la eugenesia la familia Rockefeller⁵ y un grupo formado por Robert Edward Turner III⁶ que plantea que sobra el 90% de la población para que el mundo pueda sobrevivir. Podemos destacar a asociaciones como Future generations (<http://www.eugenics.net/>) o The Pioneer Fund (www.pioneerfund.org/), que tienen características coincidentes con una definición estándar de secta y con planteamientos claramente racistas y supremacistas, especialmente los segundos.

ÉTICA, MORALIDAD Y EFICACIA BIOLÓGICA INCLUSIVA

El problema quizás más grave desde el punto de vista científico, no es lo que podríamos llamar “integrismo darwinista” sino lo que Lamarck describía como “descuidar la Filosofía”⁷. En Biotecnología, reconocemos la herencia de Darwin: experimentación con seres vivos y el complejo entramado de intereses económicos y políticos que suponen. Por otro lado, el conocimiento del genoma humano ha abierto la posibilidad de identificar a un individuo mediante su huella genética, que puede llegar a ser de dominio público, con consecuencias como: pérdida de nuestro derecho a la privacidad, la discriminación laboral o el rechazo de las aseguradoras por razones genéticas.

NEOLIBERALISMO Y DARWINISMO SOCIAL

Se entiende por Neoliberalismo, un modelo o tendencia de Renacimiento y desarrollo de las ideas liberales clásicas, tales como la importancia del individuo, el papel limitado del Estado y el valor del mercado libre.

LA “MANO INVISIBLE” DE ADAM SMITH Y LOS ESTADOS. MERCANTILISMO Y MONOPOLIOS REALES

Se está produciendo una situación política y social altamente inestable. Según los planteamientos del Neoliberalismo, ya existe alguien que regula los mecanismos del mercado, la famosa “mano invisible” de Adam Smith. Al otorgar todo el poder al mercado, marcará las reglas que le resulten más beneficiosas, y asegurará bajo regulaciones su posición dominante en el mercado (la Ley de la Oferta y la Demanda). Por otra parte, si algo hemos aprendido de la crisis económica global es que los mercados no se comportan como predecía Adam

5 Dinastía norteamericana de hombres de negocios, famosa por su riqueza y por sus actividades filantrópicas.

6 Magnate norteamericano, fundador de la CNN.

7 “Sabemos que cualquier ciencia debe tener su filosofía y que sólo por ese camino hace progresos reales. Los naturalistas gastarían vanamente su tiempo describiendo nuevas especies, captando nuevos matices, todas las pequeñas particularidades de sus variaciones para agrandar la inmensa lista de las especies inscritas [...] si la Filosofía de la ciencia se descuida, sus progresos no serán reales y la obra entera quedará imperfecta”. Lamarck (1809), *Filosofía Zoológica*, pp. 69-70.



Smith. Los principios y comportamientos económicos exaltados en *La Riqueza de las Naciones* están enmarcados en los principios morales de la *Teoría de los Sentimientos Morales*, la otra gran obra de Adam Smith.

En definitiva, sin competencia resultaría una sociedad donde domina la ley del más fuerte, donde los intereses particulares de los monopolios dominan sobre los intereses generales.

LA GRAN PANDEMIA UNIVERSAL: DARWINISMO SOCIAL Y LIBERALISMO ECONÓMICO, LA IDEOLOGÍA CAPITALISTA DE LOS OLIGOPOLIOS

Así concebida, la competencia no es solamente una garantía de eficiencia en la asignación de los recursos escasos, sino también una defensa de la libertad económica individual y de la igualdad de oportunidades en el mercado. Es, sin duda, una competencia utópica. En el siglo XIX, comienzan a aparecer empresas grandes, monopolios y oligopolios, que gradualmente van a cambiar la estructura de los principales mercados. La “explotación de capitalistas por capitalistas”, como diría Karl Marx, (Marx, K., 2010; Marx, K., 2008), lleva necesariamente a destruir las condiciones de la competencia “idílica” y ética en que se basan las concepciones liberales clásicas.

La verdadera ideología del capitalismo de los oligopolios es el llamado Darwinismo social. Esta teoría defiende que privatizar las empresas es la única manera de poder salir de la crisis, y que hay que favorecer a los grandes empresarios, puesto que sólo ellos saben hacer funcionar el sistema. Junto a los nuevos ricos surgen los nuevos pobres, aquellos que, aun trabajando, no tienen dinero para comprar o simplemente alquilar una casa, como es el caso del problema de los “homeless” en EE.UU. Bajo un punto darwinista, el aumento de pobres se podría interpretar como un coste de la evolución. Nuestra abundancia es su pobreza, y lo que estamos haciendo desde el primer mundo, es adueñarnos por la vía mercantil de estos recursos. Estamos practicando un Darwinismo social encubierto mediante políticas neoliberales, como el ejemplo del famoso “Dumping”.

Además, el filósofo alemán Jürgen Habermas señala que el capitalismo regulado por el Estado es como una política de evitación del conflicto entre clases (Habermas, J., 1986). El método científico, que conducía a una dominación cada vez más eficiente de la naturaleza, proporcionó también tanto los conceptos puros como los instrumentos para una dominación cada vez más efectiva del hombre sobre el hombre a través de la dominación de la naturaleza (Habermas, J. 1986).

AUTÓNOMOS

La teoría de Darwin, donde prevalece el más fuerte, el mejor dotado y el mejor adaptado al medio, se está llevando al pie de la letra en lo económico. En



primer lugar, se apoya a las grandes empresas y los bancos; después, en razón de la importancia de la empresa y del número de empleados, y después ya veremos si hay alguna migaja para los autónomos. Esta sociedad ha metido en el mismo saco a otros muchos llamados autónomos, con sus empresas pequeñas claves en la creación de riqueza, empleo y recursos, a los que este sistema siempre deja atrás y casi siempre olvida. Y, siempre al final, el empleado con sus problemas y su hipoteca.

CONSECUENCIAS SOCIALES

En España, el Darwinismo interesó especialmente a los grupos políticos de izquierda, que lo veían como una doctrina materialista y anticlerical, que alimentaba sus ideologías. Por este motivo, y a través de la Institución Libre de Enseñanza, algunos políticos españoles adoptaron como guía el darwinismo en su forma más combativa.

El darwinismo impactó en la sociedad, y continúa justificando y aún promueve las políticas de mejora de la raza, bien mediante la eugenesia, o bien desde la prohibición de la reproducción al exterminio de determinadas etnias. Al menos tres aspectos explican su aparición en el contexto histórico:

- a. El Darwinismo social se halla en íntima relación con la estructura y problemática de la sociedad burguesa que surge de las convulsiones sociopolíticas de fines del siglo XVIII;
- b. Las fuentes del Darwinismo social hay que buscarlas en dos teorías que van a llenar la segunda mitad del siglo XIX, la de Ch. Darwin, y la de H. Spencer;
- c. El carácter ideológico de la teoría del darwinismo social y las secuelas que se originan.

El proceso de radicalización provoca una justificación ideológica del aniquilamiento del adversario, que se ha venido en llamar, el “Darwinismo social exterior”. De la lucha por la existencia, con el triunfo del más apto y la desaparición del menos apto, se llega a la lucha de naciones. La búsqueda de la identidad nacional, es el motivo fundamental de carácter ideológico que sirve de explicación para configurar el rechazo hacia los más desfavorecidos, en términos de supervivencia. Este sería, a nuestro juicio, “el Darwinismo social interno”. El desarrollo tiene sus raíces en el evolucionismo, que implica una naturaleza eminentemente competitiva, donde sobrevive el más fuerte. Por esta razón, en la segunda postguerra, se divide el mundo en dos, los países desarrollados y los países subdesarrollados, basando esta división en una perspectiva economicista.

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

El concepto darwinista hace referencia a la actividad de las multinacionales de la Biotecnología, de las grandes empresas farmacéuticas, de la alimentación, o patentadoras de genes y metodologías. Otro claro ejemplo es la situación de la



salud y la educación. El Estado reduce los recursos públicos para invertirlos en los sectores privados, de manera que la salud, la educación, y así como otras muchas otras muchas instituciones públicas, se ven afectados por el déficit público. Las intervenciones estatales regulando el mercado laboral son también intrínsecamente negativas, en este sentido la fuerza del trabajo es considerada una mercancía y por lo tanto debe ser tratada como tal.

En consecuencia, se rige por el libre comercio dependiente de la oferta y la demanda, lo cual implica que al haber exceso de trabajadores para manufacturar, los salarios son más bajos. Por lo tanto, a menor gasto en prestaciones y salarios en la mano de obra, mayores serán las ganancias para las grandes empresas que hacen uso de diferentes estrategias para evadir el pago de prestaciones. Una de esas estrategias es el contrato por prestación de servicios, los “contratos basura”. Por esto, el papel del Estado en el mercado es vital para la subsistencia de los individuos que integran nuestra sociedad ya que caeríamos en la temible dinámica del evolucionismo o el Darwinismo social, en el que prevalece la ley del más fuerte. Esto implica la supervivencia del más fuerte y la desaparición de los más débiles, en consecuencia hay un mayor crecimiento de las empresas grandes y una desaparición de las PYMES, generando la proliferación de monopolios. Sin embargo, en la medida en que la empresa requiera mano de obra, dados los avances tecnológicos, el hombre se vuelve más prescindible. Por este motivo, en España a una persona, a partir de determinada edad, le resultará casi imposible conseguir empleo, pues no cumple los “requisitos” exigidos por el mercado: la selección natural está actuando sobre el demandante de empleo.

El Darwinismo social, conocido en economía como Neoliberalismo, va en contra de los derechos establecidos por la Constitución, reprimiendo a los miembros de la sociedad en sus libertades y derechos propios como ciudadano; forman parte de una sociedad, y una monarquía parlamentaria, dialogante y constitucional.

CONCLUSIONES PERSONALES

La diversidad a la que me ha conducido ha sido tan grande que este proyecto me ha sumergido en un mundo crítico de todas las épocas y las razas, de todos los continentes. Me ha permitido leer sobre asuntos que ya se me habían presentado, y sobre otros que desconocía totalmente. No ha sido un simple trabajo que te ayuda a conocer más ampliamente sobre un tema, no; me ha ayudado a formarme y fortalecerme existencialmente como persona, a aumentar mi nivel de empatía, a omitir las diferencias raciales y a ampliar mi conocimiento acerca de las interacciones y los lazos que nos unen como seres de una misma especie, y no de distinta raza.

Y ahora, nuestra pregunta sería: ¿Es el Darwinismo social una ley natural? La respuesta correcta es no, simplemente nos hemos acostumbrado, o directamente hemos aceptado desde tiempos lejanos que esto sea así. Que exista una especie



dominante o un tipo de personas que sean superiores al resto, no es ninguna ley natural y por supuesto, ninguna cuestión divina. No estamos predestinados a ser cierta fracción de la población superior de la restante. Limitar la Economía a una función técnica es negarle el carácter social. La causa de este error se origina en el interés de Adam Smith y sus seguidores por dotar a la Ciencia Económica de los mismos rasgos que una ciencia experimental, olvidando que no es una Ciencia Natural, sino Social.

El paradigma político-social del darwinismo social no ha sido erradicado de nuestro bagaje cultural, sino que ha sido rediseñado para buscarle una nueva ubicación menos visible para las masas que lo desearon, sin perder un ápice del valor instrumental que lo encumbró en el siglo XIX.

BIBLIOGRAFÍA

- Berra, Tim (1990), *Evolution and the myth of creationism*, Stanford, Stanford University Press.
- M.Nesse, Randolph, and Williams, George Christopher (1996), *Why we get sick?*, New York, Vantage Books.
- Berra, Tim (1998), *A natural history of Australia*, University of New South Wales press/Academic Press: Sydney/San Diego.
- Gould, Stephen Jay (1983), *Hen's teeth and horse's toes*, New York, Norton.
- Todorov, Tzvetan (2010), *La experiencia totalitaria*, Barcelona, Galaxia Gutenberg.
- Torres Carral, Guillermo (2010), "Capitalismo tardío, modernización y desarrollo sustentable", Pacarina del Sur.
- Richard D., Alexander (1987), *Darwinismo y asuntos humanos*, Barcelona, Salvat.
- Castrodeza, Carlos (2009), *La darwinización del mundo*. Barcelona, Herder.
- Darwin, Charles (1998), *El Origen de las especies*, Madrid, Austral.
- Rose, M. (1979), *La revolución darwiniana*, Madrid, Alianza.
- Spencer, Herbert (1993), *Spencer: Political Writings*, Cambridge, pp. 150-161.
- Ferrater Mora, José (1982), *Diccionario de Filosofía*, Madrid, Ariel.
- Habermas, Jürgen ([1969] 1986), *Ciencia y técnica como ideología*, Madrid, Tecnos.
- Weber, Max ([1905] 2003), *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Aristóteles, *De partibus animalium*, 64a-b.



Marx, Karl ([1867] 2010), *El Capital. Crítica de la economía política*, México, Fondo de Cultura Económica.

Marx, Karl ([1848] 2008), *Manifiesto del Partido Comunista*, Buenos Aires, Centro Editor de Cultura. Traducción: Sinesio García.



CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA VIDA

PRIMER PREMIO |

- 153 - **Parques y jardines ¿amigos o enemigos? Potencial alergénico de los espacios verdes del barrio de Santa María de Gracia (Murcia)**
ANA MUNUERA-GÁZQUEZ
- 165 - **Impacto de las vías de metilación y desmetilación en las propiedades físicas del ADN**
ERIC MATAMOROS MORALES

SEGUNDO PREMIO |

- 175 - **El *quorum sensing*, la red social de las bacterias**
ALEJANDRO ARRABAL SIERRA
- 187 - **Y tú, ¿cómo pisas?**
IRIA OLLERO CADILLA

TERCER PREMIO |

- 197 - **¿Por qué soy así? Análisis de mis caracteres genéticos**
ANDREA ÁVALOS VALERA
- 205 - **La microbiota de los móviles de mis compañeros de clase**
LAURA LOSADA MIGUÉNS
- 217 - **Ciclo del agua y vida en las cuevas marcianas con estudios de la biodiversidad críptica en río Tinto**
AZUCENA MUÑOZ RODRÍGUEZ Y ANTONIO CAMACHO FÉLIX



CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA VIDA

ACCESIT |

- 227 - **Efecto de los nitratos y los nitritos en los organismos acuáticos. Estudio del organismo modelo *Daphnia magna***
JULIA VIVÓ BARRAZZA, MARÍA MORATAL ALEMANY Y
ALBERTO ADELANTADO CALVO

- 239 - **Efecto de la restricción de metionina en el proceso de envejecimiento**
NIKITA DEINEGA

- 249 - ***Quoniam Salvum Fecit Mundum***
PAULO MIGUEL MOURIÑO PEREIRO Y ADELA CEBEIRO MUNÍN

- 259 - **Importancia de la teoría de meta-población en la supervivencia de una especie en peligro de extinción *Patella ferruginea* (Gmelin, 1971). Resultados de una vigilancia a medio plazo (2012-2017)**
PABLO VIGO FERRERA, MARCOS NÚÑEZ GUERRERO Y DIONÍSIO SANCHO DÍAZ



Parques y jardines ¿amigos o enemigos? Potencial alergénico de los espacios verdes del barrio de Santa María de Gracia (Murcia)

/ PRIMER PREMIO

AUTORA | ANA MUNUERA-GÁZQUEZ

COORDINADORES | MARÍA MAGDALENA MARTÍNEZ BOSCADAS
Y MANUEL MUNUERA-GINER

CENTRO | IES INFANTE DON JUAN MANUEL

CIUDAD | MURCIA

RESUMEN |

Los espacios verdes urbanos pueden afectar negativamente a la salud de las personas. Recientemente se ha propuesto una fórmula que permite valorar el potencial alergénico de estos espacios. Tras inventariar y medir los elementos vegetales presentes en los parques, jardines y calles del barrio de Murcia elegido, se han calculado los índices de alergenicidad (IUGZA) potenciales y reales para el conjunto del barrio y sus principales espacios verdes. Para conocer la incidencia de la polinosis en el barrio, se ha realizado un estudio mediante una encuesta a 355 usuarios del Instituto de Educación Secundaria (IES) Infante Don Juan Manuel y del Centro de Mayores de la zona.

Palabras clave: Índice de alergenicidad, espacios verdes urbanos, polen, alergia.

ABSTRACT |

Urban green zones can negatively affect pollen allergy sufferers. A new formula has been recently proposed to estimate the potential allergenicity of urban green zones. After identify and measure the vegetal elements in the parks, gardens and streets of the neighborhood, real and potential allergenicity indexes (IUGZA) were calculated. Additionally, in order to know the incidence of pollinosis at Santa María de Gracia's neighborhood in Murcia, an epidemiological study has been carried out through a survey answered by 355 people from the neighborhood's High School, IES Infante Don Juan Manuel, and the Elderly Home.

Keywords: Allergenicity index, urban green spaces, pollen, allergy.



INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que muchos pólenes producen reacciones alérgicas. En las ciudades, son las plantas presentes en los parques y jardines las principales responsables de las emisiones polínicas. Sin embargo, no todas las plantas producen alergias polínicas, y de ellas, no todas lo hacen con la misma intensidad. Es por ello que, dependiendo de la diversidad de especies y su abundancia relativa, cada espacio verde representa un diferente riesgo para los alérgicos, riesgo que debe ser conocido como medio para minimizar los efectos sobre la salud de las personas.

Este trabajo gira en torno a una novedosa manera de abordar científicamente la comprensión y prevención de las enfermedades alérgicas relacionadas con el polen que tiene su origen en espacios verdes urbanos. En 2013, el equipo de la Dra. Paloma Cariñanos presentó en el *European Forum on Urban Forestry* una fórmula que permite calcular el índice de alergenicidad potencial (IUGZA) de una zona verde urbana en función de diversos parámetros biológicos de las especies presentes (Casares-Porcel 2013). Esta fórmula ha sido aplicada después en distintos lugares de España (Cariñanos *et al.* 2014, 2015, 2016) y es la que se ha usado para calcular el potencial alergénico de los espacios verdes del barrio de Santa María de Gracia en Murcia, permitiendo valorar cómo de “peligrosos” pueden llegar a ser.

HIPÓTESIS y OBJETIVOS

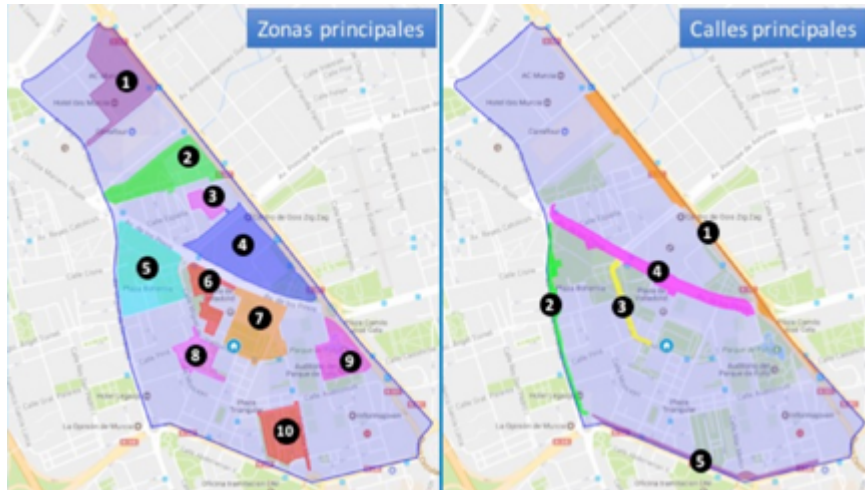
Debido a la gran cantidad de zonas verdes y arbolado que pueden encontrarse en sus calles, el barrio de Santa María de Gracia podría poseer un alto potencial alergénico, lo que se podría traducir en un alto número de casos de alergias polínicas entre la población que reside en la zona y los trabajadores que acuden allí a diario. Partiendo de esta hipótesis, nos hemos planteado 3 objetivos principales:

1. Determinar el nivel de alergenicidad potencial para el conjunto del barrio y para cada uno de los principales espacios verdes del barrio de Santa María de Gracia (Fig. 1).
2. Conocer mediante una encuesta la prevalencia de las alergias entre el alumnado y el profesorado del Instituto de Educación Secundaria (IES) Infante D. Juan Manuel y los usuarios del Centro de Mayores.
3. Estudiar la relación existente entre el nivel de alergenicidad de las zonas verdes y la prevalencia de alergias.



Figura 01

Zonas y Calles principales estudiadas.



Zonas principales:

- 1) Hoteles;
- 2) Parque Carrefour;
- 3) CEIP Fernández Caballero;
- 4) Pabellón–Biblioteca–Zig-Zag;
- 5) Parque Unamuno–Plaza Bohemia;
- 6) Parque Ramón Gaya;
- 7) IES Infante–CEIP Santa M^a de Gracia–Centro Mayores;
- 8) Arturo Duperier–Antonio Machado;
- 9) Parque Fofó;
- 10) Mar Menor y Patios.

Calles principales:

- 1) Avda. Juan Carlos I;
- 2) Avda. Miguel de Cervantes;
- 3) Calle Miguel de Unamuno;
- 4) Avda. de los Pinos;
- 5) Ronda Norte y Avda. Primo de Rivera (Murcia).

METODOLOGÍA

ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN E ÍNDICES DE ALERGENICIDAD

Se ha realizado un trabajo de campo mediante el que se ha valorado la alergenicidad potencial de la zona estudiada, es decir, se ha estimado cuán “peligrosa” es la zona polínicamente hablando. Este trabajo de campo ha consistido en visitar todas las zonas verdes del barrio e identificar, cuantificar y medir las especies allí presentes. Hecho esto, se aplicó la fórmula creada por la Dra. Carriñanos y sus colaboradores para calcular el índice de alergenicidad potencial (I_{UGZA}). Este índice se ha calculado tanto para el conjunto del barrio como para distintas subzonas.

$$I_{UGZA} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i * (PA_i * EP_i * DPP_i) * (S_i * H_i)}{378 * S_T}$$

Donde:

I_{UGZA} = índice de alergenicidad del espacio estudiado (*Urban Green Zone Allergenicity Index*); n_i = número de individuos de la especie i ; PA_i = potencial alergénico de la especie i ; EP_i = estrategia de polinización de la especie i ; DPP_i = duración del período de polinización de la especie i ; S_i = superficie estándar ocupada por la especie i ($S_i = \pi * radio^2$); H_i = altura estándar de la especie i ; S_T = superficie total de la zona ajardinada en estudio



Como:

$PA_i * EP_i * DPP_i = VPA_i$ (valor de potencial alergénico de la especie i), y
 $S_i * H_i = V_i$ (volumen estándar de la especie i)

La fórmula puede simplificarse como:

$$I_{UGZA} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i * VPA_i * V_i}{378 * S_T}$$

Los trabajos de Casares Porcel *et al.* (2013) y Cariñanos *et al.* (2014, 2015, 2016) ofrecen los valores de PA_i , EP_i y DPP_i y los valores potenciales de S_i y H_i para más de 100 especies. 48 de las 108 especies identificadas en el barrio de Santa María de Gracia no están incluidas en estos trabajos (Tabla 1). Para ellas, los valores de PA_i , EP_i y DPP_i fueron fijados por el Dr. Munuera del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Politécnica de Cartagena. Los valores potenciales de S_i y H_i fueron calculados como media de las medidas indicadas en tres obras que son referencia obligada en nuestro país: *El árbol en Jardinería y paisajismo* (Navés *et al.*, 1995), *Los árboles y arbustos de la península ibérica y Baleares* (López González, 2001) y *Árboles de España* (López Lillo y Sánchez de Lorenzo, 2011).

Tabla 01

Listado de las 48 especies identificadas en el barrio de Santa María de Gracia que no están incluidos en los trabajos de Casares Porcel *et al.* (2013) y Cariñanos *et al.* (2014, 2015) y para los que han tenido que ser establecidos los valores de EP , DPP , PA , altura y radio.

<i>Acanthus sp.</i>	<i>Ficus rubiginosa</i>	<i>Pinus canariensis</i>
<i>Bismarckia nobilis</i>	<i>Firmiana simplex</i>	<i>Pinus pinea</i>
<i>Bougainvillea cf. spectabilis</i>	<i>Hedera helix</i>	<i>Plumbago auriculata</i>
<i>Canna indica</i>	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	<i>Podocarpus neriifolius</i>
<i>Carissa macrocarpa</i>	<i>Jasminum cf. mesnyi</i>	<i>Polygala myrtifolia</i>
<i>Cestrum nocturnum</i>	<i>Jasminum officinale</i>	<i>Populus alba</i>
<i>Chorisia speciosa</i>	<i>Jasminum sp.</i>	<i>Pyracantha crenato-serrata</i>
<i>Crassula arborescens</i>	<i>Justicia adhatoda</i>	<i>Sorbus cf. aucuparia</i>
<i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Lantana camara</i>	<i>Syagrus romanzoffiana</i>
<i>Cycas revoluta</i>	<i>Livistona chinensis</i>	<i>Tetraclinis articulata</i>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Lycianthes rantonnetii</i>	<i>Thuja occidentalis</i>
<i>Ficus benjamina</i>	<i>Melaleuca ericifolia</i>	<i>Trachycarpus fortunei</i>
<i>Ficus elastica</i>	<i>Mespilus germanica</i>	<i>Viburnum tinus</i>
<i>Ficus lyrata</i>	<i>Morus kagayamae</i>	<i>Vitex agnus-castus</i>
<i>Ficus macrophylla</i>	<i>Myoporum acuminatum</i>	<i>Yucca elephantipes</i>
<i>Ficus microcarpa</i>	<i>Phymosia umbellata</i>	<i>Ziziphus jujuba</i>

Para tener una idea más realista del riesgo que representan las zonas verdes estudiadas se ha propuesto también una variante del I_{UGZA} que hemos llamado



“índice alergénico real” y que se calcula del mismo modo que el potencial, pero usando las dimensiones reales de la vegetación, en lugar de los valores potenciales.

Detalle de los valores usados para los cálculos en este trabajo pueden ser consultados en Munuera-Gázquez, A., Munuera-Giner, M. & Martínez-Boscadas, M. 2017. *Potencial alergénico de los espacios verdes del barrio de Santa María de Gracia (Murcia, SE España)*. *Anales de Biología* 39, pp. 177-190. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.39.18>

ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO

Para conocer la incidencia de las alergias entre los vecinos y usuarios de barrio se realizó una encuesta con 13 preguntas a los alumnos y profesores del IES Infante don Juan Manuel y a los usuarios del Centro de Mayores del barrio de Santa María de Gracia. De esta manera, se obtuvieron resultados de varios grupos de edad.

La finalidad de este cuestionario era hacer una aproximación al número de alérgicos para relacionarlo con el índice de alergenicidad calculado. Además, se pretendía estudiar diferencias entre sexos y edades, ver qué síntomas son mayoritarios, conocer en qué meses se presentan más síntomas, conocer el número de alérgicos que toman medicación, y establecer una posible relación entre la presencia de alergias y el hábito de fumar.

RESULTADOS

ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN E ÍNDICES DE ALERGENICIDAD

Se han identificado y contabilizado un total de 4.305 elementos vegetales pertenecientes a 108 especies. De ellos, 2.989 son árboles, 852 son palmeras, 217 son arbustos de gran porte, 97 forman setos constituidos por varios ejemplares y 150 son superficies de césped natural.

El índice de alergenicidad o I_{UGZA} obtenido para el total del barrio ha sido 0,1534 teórico y 0,0739 real. El primero ha sido obtenido con las medidas medias que suelen tener las especies presentes. Sin embargo, el segundo se ha calculado con las medidas medias observadas en este barrio en concreto.

Por otra parte, aunque este índice general sea bajo, hay que señalar que hay espacios verdes en los que se supera ampliamente este valor medio, mientras que en otros es notablemente más bajo. Por encima de este I_{UGZA} potencial del barrio encontramos las zonas Mar Menor y Patios, CEIP Fernández Caballero, IES Infante–CEIP Santa M^a de Gracia–Centro de Mayores, Parque Carrefour, Parque Fofó, Parque Ramón Gaya, Parque Unamuno–Plaza Bohemia y Ronda Norte–Avda. Primo de Rivera. Entre estos destacan Parque Carrefour y Parque



Unamuno–Plaza Bohemia, cuyos índices rozan el 0,25. Con índices muy bajos sobresaen Pabellón–Biblioteca–Zig-zag y la Avda. de Juan Carlos I, en los que los I_{UGZA} teóricos están en torno al 0,05.

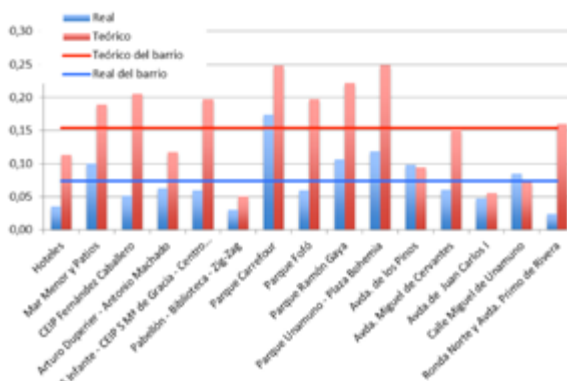
Si hablamos del I_{UGZA} real, el más alto se encuentra en Parque Carrefour, rondando el 0,17, y el más bajo en Hoteles, en Pabellón–Biblioteca–Zig-Zag y Ronda Norte–Avda. Primo de Rivera, donde está en torno a 0,03.

Los estudios realizados con anterioridad se han llevado a cabo de forma exclusiva en espacios verdes, mientras que el índice que hemos obtenido del barrio incluye también espacios abiertos sin vegetación o vegetación muy escasa como los patios de los tres centros docentes y algunas calles, lo que tiene un efecto amortiguador sobre el I_{UGZA} .

El I_{UGZA} del barrio de Santa María de Gracia en su conjunto es similar al del resto de espacios verdes que han sido estudiados en la mitad sur de la Península. Así, nuestro 0,1534 se sitúa entre los I_{UGZA} obtenidos en Ceuta (0,15) y en Toledo (0,17). Sin embargo, aunque el índice general del barrio está entre los obtenidos en un espacio verde de dichas ciudades, algunas de las zonas estudiadas, como Parque Carrefour y Parque Unamuno–Plaza Bohemia muestran valores superiores (0,2484 y 0,2488 respectivamente) que se encuentran casi al nivel del reportado para el Jardín de Ayora en Valencia (0,27). Por otra parte, cabe destacar que en el norte peninsular los índices obtenidos en estudios previos han sido mucho más altos que los del sur, destacando Salamanca, Huesca o Pamplona, con índices de 0,87, 0,74 y 0,69 respectivamente. Esta diferencia se debe tanto a la diferencia en las especies presentes como, probablemente, a que en la mitad norte existe un clima mucho más húmedo y fresco que favorece el desarrollo de la vegetación, al contrario de lo que ocurre en la zona sur.

Figura 02

Índices reales y teóricos de todas las zonas estudiadas.



Cabe subrayar también el resultado señalado por Cariñanos *et al.* (2016) para el Parque de la Rosa en Cartagena, en el que se obtuvo un I_{UGZA} de 0,09, lo que supone la mitad de los valores medios que hemos observado en el barrio de



Santa María de Gracia y está muy por debajo de los valores encontrados en algunas de las zonas estudiadas.

Por último, hay que indicar que, aunque el I_{UGZA} del barrio de Santa María de Gracia no es alto, es posible que el impacto sobre la población sea mayor del previsto. En este punto hay que tener en cuenta que este índice fue pensado para su aplicación en espacios sin edificios y, como la especial dinámica de circulación del aire en los entornos urbanos suele hacer que las masas de aire tengan dificultad para moverse, pueden crearse zonas de “embolsamiento” en las que los pólenes y otras partículas alergénicas originadas en los espacios verdes no se dispersen con rapidez y se mantengan en elevadas concentraciones por períodos más largos de lo que cabría esperar. A esto hay que sumar el efecto potenciador de la alergia que tienen los contaminantes de los coches. Esto podría ocurrir especialmente en los casos de Mar Menor y Patios, Parque Ramón Gaya y Parque Unamuno–Plaza Bohemia, que, además de presentar los índices más altos, son también lugares más “cerrados”.

También hay que comentar la existencia de posibles “puntos negros” que podrían causar problemas importantes en zonas muy localizadas que coinciden con espacios en los que se concentran un importante número de ejemplares de especies con VPAs (valor de potencial alergénico de la especie) altos (18 o 24) como:

- *Populus alba* en Parque Carrefour.
- Olivos en la zona de Parque Unamuno–Plaza Bohemia.
- Setos de *Cupressus* en puntos de Pabellón–Biblioteca–Zig-Zag, CEIP Fernández Caballero, IES Infante–CEIP Santa M^a de Gracia–Centro Mayores y Arturo Dupierier–Antonio Machado.
- Moreras muy numerosas en Parque Fofó, entorno de IES Infante–CEIP Santa M^a de Gracia–Centro Mayores, Parque Unamuno–Plaza Bohemia, Hoteles, CEIP Fernández Caballero y parque junto al Archivo Municipal tras el pabellón.

Con estos datos podría pensarse que el mayor riesgo lo representan las moreras, ya que estas concentraciones junto con el hecho de que *Morus* tiene una prevalencia en la población murciana del 8,7% podrían indicar la existencia de un verdadero problema. Sin embargo, el hecho de que anualmente estos árboles sean sometidos a una poda hace que la producción de inflorescencias sea muy baja, ya que éstas se desarrollan en las ramas de 2º año. En consecuencia, la incidencia real debe ser muy baja.

Es diferente el caso de *Olea*, que no es podado de forma importante y cuyos pólenes tienen una incidencia en alergias del 68,4%. Por esa razón, los 35 ejemplares que se concentran en el entorno de Parque Unamuno–Plaza Bohemia pueden suponer un problema real e importante durante la floración (mayo) para los vecinos de la zona.



ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO

Se realizaron un total de 347 encuestas válidas, de las que el 48,4% fueron respondidas por mujeres y el 48,7% por hombres. Por edades, el 11,5% de los encuestados tenía más de 60 años, el 11,5% tenía entre 20 y 59 años. El resto (67,0%) eran menores de 19 años.

El 75,5% de los encuestados indicó que no padecía de alergia al polen, mientras que un 22,8% manifestó ser alérgico. Al segregar por sexo, los resultados revelan que el 26,2% de las mujeres sufren alergia, mientras que solo el 20,1% de los hombres lo hacen. El 43,5% de los que manifiestan ser alérgicos ha sido diagnosticado por un profesional de la salud mientras que el 38,2% no lo ha sido.

De entre los alérgicos el 39,3% toma medicamentos. De ellos, la mayoría (26,2%) usa antihistamínicos para tratar los síntomas que sus alergias les producen, aunque también es frecuente el uso de colirios para los ojos e inhaladores para el asma (14,1 y 12,0% respectivamente), siendo el remedio menos usado las vacunas.

Con respecto a la edad hemos obtenido unos resultados muy significativos, ya que mientras que en la población de entre 12 y 59 años se encuentra una prevalencia similar, de entre el 20 y el 25%; en las personas mayores de 60 años, un 40% manifiesta ser alérgico. Esta variación puede estar producida por la forma de reparto de la encuesta, ya que mientras que en el IES Infante don Juan Manuel se repartieron las encuestas de manera uniforme entre los alumnos y profesores, en el Centro de Mayores se dejaron las encuestas durante varios días en la conserjería y participó quien quiso. Debido a esto probablemente muchas personas no alérgicas decidieron no contestar, dando lugar a esta desviación en los resultados. Con la excepción de lo comentado para los mayores de 60 años, los resultados están en consonancia con la prevalencia general del 20-30% reconocida por organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Pawankar *et al.* 2011) y autores como Huertas Amorós (2013) y Munuera *et al.* (2001).

El 47,3% de los encuestados manifestaron no tener familiares alérgicos, mientras que el 45,2% reflejó que sí. Los síntomas más comunes son los estornudos y el picor de nariz, con una prevalencia del 53,9 y 41,9% respectivamente, seguidos de la congestión nasal y el picor de ojos con 35,6 y 34,6%. Curiosamente, en esta pregunta se obtuvo una diferencia considerable entre sexos. El 56,5% de las mujeres tenía familiares alérgicos mientras que solo el 33,7% de los hombres estaban emparentados con alguien que padeciera alergia. Esta diferencia puede deberse a que las mujeres quizá presten más atención a los detalles familiares o se acuerden mejor de si alguien de su familia ha mencionado en algún momento que sufría de dicha enfermedad.

Los síntomas con una mayor prevalencia son los estornudos y el picor de nariz con un 53,9 y 41,9% respectivamente. No muy lejos siguen la congestión nasal



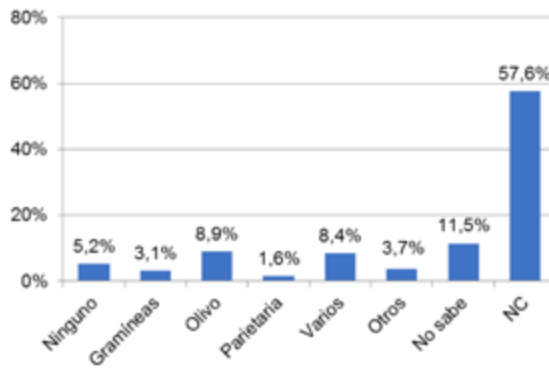
con 35,6% y el picor de ojos con un 34,6%. Los síntomas que menos se presentan son el lagrimeo (24,6%) y, por último, el asma (13,6%). La incidencia del asma en la población estudiada (13,6%) está muy lejos del 40% que otros autores como Huertas Amorós consideran habitual entre las personas que padecen de alergia al polen.

Los meses en los que se produce un mayor impacto en las alergias sobre la población son abril y mayo, padeciéndola el 45% de ellos. Le sigue marzo, en el que el 30% refleja verse afectado.

El polen que afecta a más encuestados es el del olivo, siendo un 8,9% de ellos los que sufren a causa de sus emisiones polínicas (Fig. 3).

Figura 03

Especies polínicas a las que los entrevistados manifiestan ser alérgicos.



CONCLUSIONES

Atendiendo a los IUGZA (índices de alergenicidad potenciales y reales) y a la prevalencia y gravedad de la alergia al polen manifestada por los usuarios del IES Infante don Juan Manuel y del Centro de Mayores, y pese a la existencia de posibles “puntos negros”, que ocasionalmente podrían crear problemas importantes a los alérgicos al polen, puede afirmarse que desde el punto de vista de la alergia al polen el barrio de Santa María de Gracia (Murcia) es un lugar seguro y saludable.

Se considera de riesgo cuando el índice supera el 0,3, sin embargo, el barrio de Santa María de Gracia posee un IUGZA potencial de 0,1534 y un IUGZA real de 0,0739, lo que supone la mitad de lo considerado peligroso en el primer caso y menos de una tercera parte en el segundo. Aun así, hay algunos espacios que superan esta media con creces, como es el caso de Parque Carrefour y Parque Unamuno–Plaza Bohemia, cuyo IUGZA alcanza el 0,25, llegando casi al punto a partir del cual se considera peligroso polínicamente hablando. Sin embargo, también hay zonas que se encuentran muy por debajo de esta media, de entre las que destacan Hoteles, Pabellón–Biblioteca–Zig-Zag y Ronda Norte–Avda. Primo de Rivera, donde el índice roza el 0,03.



Por último, en el estudio de la población realizado mediante una encuesta entre los alumnos y profesores del IES Infante don Juan Manuel y los usuarios del Centro de Mayores se ha obtenido una prevalencia del 22,8%. Este porcentaje está de acuerdo con cifras dadas por entidades como la OMS, que reflejan que entre el 25 y el 30% de la población padece alergias polínicas. Este número podríamos decir que está también en consonancia con el índice obtenido, ya que es un porcentaje que no destaca por ser muy alto ni demasiado bajo.

Los resultados principales de este trabajo han sido previamente publicados en Munuera-Gázquez, A., Munuera-Giner, M. & Martínez-Boscadas, M. 2017. *Potencial alergénico de los espacios verdes del barrio de Santa María de Gracia (Murcia, SE España). Anales de Biología 39: 177-190. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.39.18>*

BIBLIOGRAFÍA

- Cariñanos, P., Casares Porcel & Quesada Rubio, J.M. (2014), "Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain", *Landscape and Urban Planning*, 123, pp. 134-144.
- Cariñanos, P., Adinolfi, C., Díaz de la Guardia, C., De Linares, C., & Casares Porcel, M. (2015), "Characterization of allergen emission sources in urban areas", *Journal of Environmental Quality*, 45, pp. 244-252.
- Cariñanos, P., Casares Porcel, M., Díaz de la Guardia, C., Aira, M.J., Boi, M., Cardador, C. et al. (2016), "Salud Ambiental de los parques españoles: aproximación al potencial alergénico de espacios verdes urbanos", *Revista salud ambiental*, 16 (1), pp. 33-42.
- Casares Porcel, M., Cariñanos, P., & Quesada Rubio, J.M. (2013), "Basis for estimating the allergenic potential associated to plant species of urban green zones", *16th European Forum on Urban Forestry (EFUF)*, Milano, Italy, 7-11 May, 2013.
- Huertas Amorós, A.J. (2013), "Polinosis: concepto e introducción". En: Miralles López, J. C., & Negro Álvarez, J. M. (Eds.), *Pólenes alergénicos y polinosis en la Región de Murcia*, Murcia, *AlergoMurcia* pp. 23-29.
- López González, G. (2001), *Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*, Madrid, Mundi-Prensa.
- López Lillo, A., & Sánchez de Lorenzo Cáceres, J. M. (2011), *Árboles en España*, Madrid, Mundi-Prensa.
- Munuera Giner, M., Carrión García, J.S., Navarro Camacho, C., Orts Llopis, L., Espín Gea, A., Sáez Soto, F. & García Sellés, J. (2001), *Polen y alergias*, Murcia, Diego Marín.



Navés Viñas, F., Pujol Solanich, J., Argimon de Vilardaga, X & Sampere Montlló, L. (1995), *El árbol en jardinería y paisajismo*. Barcelona, Omega.

Pawankar, R., Canonica, G.W., Holgate, S.T., & Lockey, R.F. (2011), *WAO white book on allergy 2011 - Resumen ejecutivo*. WAO-The World Allergy Organization Journal.

LINKS:

[El artículo completo se puede encontrar en Academia](#)

[Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores](#)



Impacto de las vías de metilación y desmetilación en las propiedades físicas del ADN

/ PRIMER PREMIO

AUTOR | ERIC MATAMOROS MORALES

COORDINADOR | VICENT RAMIRO DE MOLINA

CENTRO | IES RAMÓN BERENGUER IV

CIUDAD | AMPOSTA

RESUMEN |

Las metilaciones del ADN han sido descritas como un nuevo objeto de estudio. No obstante, su método de actuación y las características que confiere a la molécula de ADN siguen aún sin haberse identificado. En este estudio nos adentramos en las características físicas del ADN durante los diferentes procesos de metilación y desmetilación de las citosinas. En general, hemos mostrado que tanto la metilación como la desmetilación tienen implicaciones directas sobre la flexibilidad del ADN y la regulación de la expresión génica.

Palabras clave: Metilación, desmetilación, expresión génica, epigenoma, cáncer, nucleosoma.

ABSTRACT |

DNA methylation has been recently described as a novel object of study for its implications in the formation of nucleosome complexes and gene expression. Otherwise, its acting method and the effects still remain unknown. In this project, authors study DNA physical properties in each of the DNA methylation and demethylation pathways (Reference – Methylated – Hydroxymethylated – Formylmethylated) in order to understand their role in nucleosome formation. Results show that DNA methylation and demethylation appears to increase gene expression by conferring a higher stiffness to the DNA molecule.

Keywords: Methylation, demethylation, gene expression, epigenome, cancer, nucleosome.



INTRODUCCIÓN

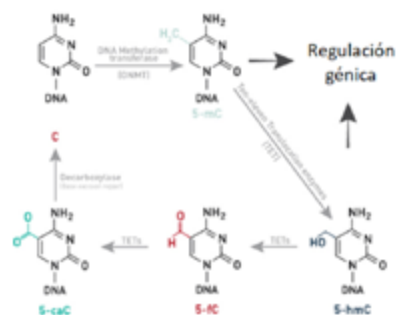
El ácido desoxirribonucleico, también conocido como ADN, es la principal biomolécula portadora de nuestra información genética (Lim DHK, 2010; Jones PA, 2012; Steegenga WT, Boekschoten MV, 2014). El ADN está formado por nucleótidos, los cuales están compuestos por un monosacárido, una base nitrogenada (citosina, guanina, adenina y timina) y un enlace fosfodiéster cuya función es unir dos nucleótidos consecutivos (Steegenga WT, Boekschoten MV, 2014). Una secuencia de bases determinada (gen) se puede transcribir a ARN mediante la ARN polimerasa y luego traducir a proteína, la cual tendrá una función específica (Crider KS, 2012; Bird A., 2002).

La expresión de los genes puede ser regulada mediante la formación de complejos llamados nucleosomas, formados por ADN (cargado negativamente por los grupos fosfato) enrollado a histonas (proteínas con radicales cargados positivamente (Crider KS, 2012; Valentini E, 2016; Ito S, 2011). En las regiones con nucleosomas, la ARN polimerasa no tiene acceso y consecuentemente se inhibe la expresión de esos genes.

Recientemente los científicos han observado que ciertas modificaciones en la citosina de los nucleótidos de ADN, como procesos de metilación y desmetilación (ADN metilado - ADN hidroximetilado – ADN formilmetilado), incrementan o disminuyen la probabilidad de formar nucleosomas (Bird A., 2002; Putiri EL, 2014). Partiendo de esta información, el objetivo principal del trabajo es cuantificar si estas marcas tienen algún efecto en las propiedades físicas del ADN, las cuales a su vez afectarían positiva o negativamente a la formación de nucleosomas y a la expresión génica.

Figura 01

Dinámica del proceso de desmetilación pasiva del ADN.



Durante este proceso, la ADN metiltransferasa metila la citosina localizada en la región CpG mediante la adición de un grupo metilo, el cual influye en la expresión génica. Más tarde, las enzimas TET tienen un papel fundamental en la desmetilación añadiendo un grupo hidroxilo y formando 5-hmC. Luego este lo convierten en 5-fC mediante la transformación del grupo hidroxilo en un formilo y finalmente este formilo se transforma en un carboxilo, el cual puede ser eliminado mediante la acción de una carboxilasa. El resultado final es una citosina que puede ser modificada de nuevo.



METODOLOGÍA

El proyecto se divide en dos partes.

En la primera se trata de realizar una simulación de los diferentes tipos de ADN de estudio mediante el uso de Monte Carlo. Para ello partimos de las coordenadas iniciales de cada una de los 121 pares de bases representados, las cuales fueron obtenidas por medio de simulaciones previas de Dinámica Molecular (MD). Usando los parámetros iniciales y las constantes de fuerza, los pares de bases fueron representados como planos (puesto que la curvatura entre ellos no tiene efecto alguno sobre la flexibilidad global de la hélice de ADN) y cada uno de los enlaces fosfodiéster entre pares de bases adyacentes fueron simulados como muelles. Consecuentemente, la Ley de Hooke ($E = \frac{1}{2} k \Delta X_2$) pudo ser aplicada para determinar el valor energético entre dos pares de bases consecutivos. El mismo cálculo nos permitió establecer la energía total del sistema, simplemente añadiendo cada valor energético entre los 120 muelles representados (hay n-1 muelles para n pares de bases representados). Posteriormente se aplicó el algoritmo de Monte Carlo, el cual cambiaba aleatoriamente las posiciones iniciales de un número aleatorio de parámetros helicoidales del ADN. Después de eso, el algoritmo calculaba la energía del nuevo sistema aleatorio aceptando, en última instancia, las configuraciones que tuvieran una energía total menor que la configuración previa. En caso contrario, esta última configuración se mantenía inalterada. De este modo, obtuvimos sistemas con valores energéticos cada vez menores, criterio establecido ya que la mayoría de sistemas bioactivos tienen una tendencia a valores mínimos de energía. No obstante, añadimos una condición de la Metropolis bajo la cual también se aceptaron configuraciones de mayor energía solo en los casos que:

$$\underset{(0,1)}{\text{random}} \frac{r > e^{-\frac{E_{\text{tot nueva}} - E_{\text{tot previa}}}{K_b \cdot T}}}{(0,1)}$$

(K_b corresponde a la constante de Boltzmann y T a la temperatura ambiental). Esto nos permite obtener picos de energía cuando la configuración se encuentre en valores mínimos, con lo que evitamos estar en situaciones mínimas de energía en pocas iteraciones y también simula mejor el comportamiento real de los sistemas. Finalmente diez mil estructuras individuales aleatorias fueron generadas después de diez mil iteraciones del algoritmo de Monte-Carlo para cada una de ellas. No se pudo realizar el análisis del ADN formilmetilado debido a que no se pudieron obtener las constantes de fuerza de análisis previos.

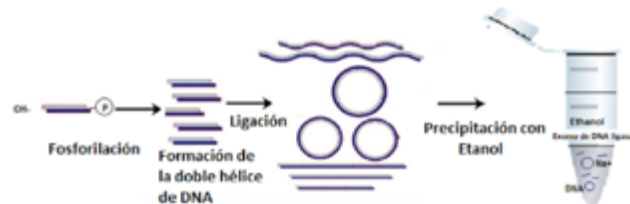
La segunda parte del proyecto está relacionada con un ensayo de circularización por el que determinar la flexibilidad del ADN mediante el análisis de sus propiedades dinámicas y cinéticas, mientras que en la simulación se describieron directamente las propiedades físicas del ADN. Para ello, se sintetiza ADN sintético de 21 pares de bases de longitud por molécula. Cada oligómero con-



tiene las diferentes modificaciones de estudio (referencia, metilado, hidroximetilado y formilmetilado). Después de la síntesis se procede con la fosforilación, un proceso con el que se activan los fragmentos de ADN mediante la adición de un grupo fosfato al terminal libre 5', al que puedan unirse nuevas hebras de ADN. Una vez hecho se enfrían nuestras moléculas de ADN desde una temperatura inicial de 92 °C para inducir a la formación de dobles hélices de ADN mediante la formación de puentes de hidrógeno entre las bases nitrogenadas de cadenas complementarias. Seguidamente se procede con la ligación, el proceso más riguroso, puesto que es aquí cuando se introduce la ADN ligasa, una enzima encargada de conectar el grupo fosfato de un terminal 5' de una molécula de ADN con el grupo -OH localizado en el terminal 3' de otra. Durante este proceso se pone a prueba la flexibilidad de nuestro ADN de estudio; por el hecho de estar en una solución, nuestro ADN tendrá tendencia a circularizarse cuando le sea posible, así, si necesitamos muchas moléculas para que el ADN circularice querrá decir que es muy poco flexible, mientras que si necesita pocas unidades será más flexible. Es más, si la molécula de ADN no es muy flexible tendremos una gran cantidad de ADN lineal en el *Eppendorf*. Para finalizar se realiza una purificación de ADN mediante la adición de acetato sódico [NaOAc] porque como el Na⁺ está cargado positivamente se unirá al ADN y lo hará menos hidrofílico y, como consecuencia, también será menos soluble y conseguiremos que precipite, formando así una superficie blanca al final del tubo, el pellet. Hace falta Etanol para favorecer la interacción entre el Na⁺ y el PO₃⁻ del ADN (Figura 2).

Figura 02

Representación del ensayo de circularización.



Después de sintetizar las moléculas de cadena simple de ADN se fosforila el terminal libre 5' para que se puedan formar enlaces fosfodiéster con otras moléculas de ADN. Más tarde se enfrían las muestras de ADN desde una para inducir a la formación de la doble hélice de ADN mediante la unión con puentes de hidrógeno de cadenas complementarias. Seguidamente se introduce la ADN ligasa, la cual unirá moléculas de ADN hasta que sean suficientemente flexibles para circularizar. Finalmente se realiza una precipitación con etanol como método de purificación. (Elaboración propia).

Posteriormente se realizó una electroforesis de primera y segunda dimensión para separar ambas formas de ADN (circular y lineal) de acuerdo a su peso molecular y al punto isoeléctrico (se añadió cloroquina en el segundo gel de electroforesis para poder desenrollar el ADN circular, dando lugar a especies de ADN con diferente punto isoeléctrico), respectivamente.



RESULTADOS

SIMULACIÓN DE MONTE-CARLO

Podemos determinar la flexibilidad de las diferentes muestras de ADN observando los diferentes valores de la constante de fuerza (k) que tenemos para cada ADN de estudio. Lógicamente se puede establecer que a valores más elevados de rigidez será más complicado que la molécula de ADN se pueda mover desde su posición de equilibrio e, inversamente, a valores bajos de la constante de fuerza la molécula de ADN tendrá una gran flexibilidad ya que le será permitido más movimiento.

Se ha elaborado una tabla numérica en la que se comparan los valores de la constante de fuerza de los parámetros helicoidales de ADN entre las diferentes muestras de estudio. El correcto análisis se realiza interpretando los valores de la diagonal, los cuales relacionan el mismo parámetro helicoidal para diferentes ADN de estudio (Figura 3). Finalmente, llegamos a la conclusión (de acuerdo con la flexibilidad) que:

Referencia > Metilado > Hidroximetilado

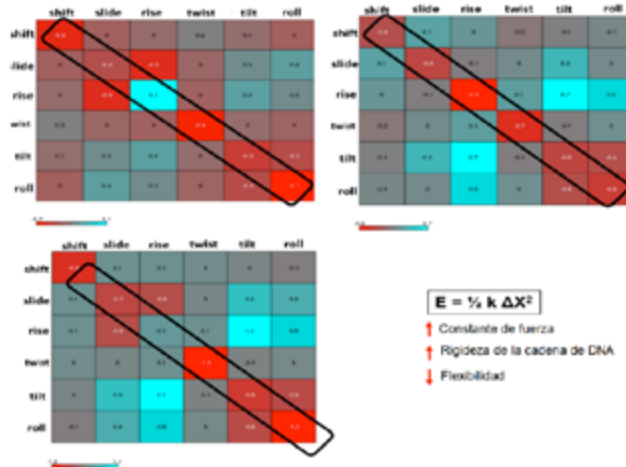


Figura 03

Análisis de las diferentes constantes de fuerza (k) entre las diferentes marcas epigenéticas y la referencia.

De acuerdo con la leyenda, los valores más negativos son representados en rojo, los cuales indican una constante elevada. Describiendo los valores localizados en la diagonal de las tablas podemos deducir que el ADN de referencia es más flexible que el metilado y este a su vez más flexible que el hidroximetilado (ambos tienen valores elevados de la constante de fuerza). (Elaboración propia).



ENSAYO DE CIRCULARIZACIÓN

Los resultados obtenidos a partir de la electroforesis de segunda dimensión fueron analizados usando un software de procesamiento de imágenes llamado *Image J*, el cual permite comparar la relación de intensidad de una mancha del gel con otras para así poder decidir en cuál de ellas se encuentran más cantidad de moléculas. Los mismos parámetros de pre-procesamiento fueron aplicados a todos los geles. Comparamos las medidas de la densidad integrada del ADN circular contra el lineal. El peso molecular de cada mancha fue determinado por los resultados obtenidos de la separación por peso molecular realizado en el gel de primera dimensión, empezando a cuantificar por el par de bases 126, que era el primero identificable.

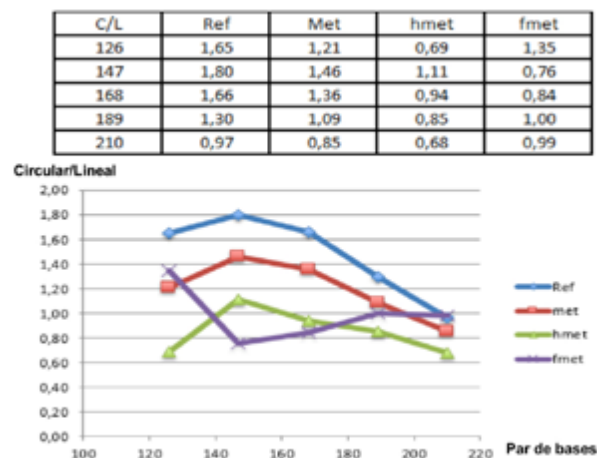
El resultado de los cálculos se puede apreciar en el gráfico elaborado en el que se compara la relación de ADN circular ante el lineal para cinco pares de bases. De acuerdo con el gráfico se puede establecer que nuestro ADN de referencia (sin modificaciones) es más flexible que los otros (Figura 4). El resultado final del ensayo de circularización de acuerdo a la flexibilidad es:

Referencia > Metilado > Hidroximetilado \approx Formilmetilado

Sugerimos que puede haber problemas de incompatibilidad química con el grupo formilo debido a que las réplicas han dado lugar a resultados similares. En próximos estudios se debería redefinir el protocolo para obtener así una mejor resolución de este gel.

Figura 04

Representación gráfica del análisis de flexibilidad.
(Elaboración propia).



De acuerdo con la leyenda, el color azul se atribuye al ADN de referencia, el rojo al metilado, el verde al hidroximetilado y el violeta al formilmetilado. El eje de las coordenadas representa la longitud de los fragmentos de ADN; el eje de las ordenadas representa la relación entre la cantidad de ADN circular y el lineal. El ADN de referencia tiene valores más elevados debido a una mayor cantidad de fragmentos circulares que lineales, por lo que podemos concluir que es más flexible. La flexibilidad es inferior para el ADN metilado e incluso menor para el hidroximetilado.



RELEVANCIA DEL PROYECTO: PUERTA AL DESARROLLO DE NUEVOS TIPOS DE FÁRMACOS

Pese a que el proyecto llevado a cabo se basa en la ciencia básica, éste abre la puerta al desarrollo de nuevos fármacos que modulen los diferentes cambios epigenéticos que tienen lugar en el ADN. Sería posible desarrollar una variante de la terapia puntera de edición génica conocida como CRISPR y únicamente cambiar la nucleasa por una ADN metiltransferasa o una hidrolasa. Este nuevo producto sería capaz de reconocer específicamente una región determinada de nuestro genoma e imponer o eliminar metilaciones localizadas en esa secuencia determinada, con lo que los científicos podrían tener un propio control de las marcas epigenéticas y evitar así posibles alteraciones que puedan afectar al metabolismo celular e incluso a la división celular, dando lugar así a células cancerígenas, tal y como se ha descrito en el apartado de introducción (p53 era silenciada por marcas epigenéticas y no podía transcribirse, por lo que dejaba de haber un punto de control del ciclo celular).

Recientemente también se ha descrito que hay una cierta herencia de patrones epigenéticos entre generaciones, por lo que el proceso descrito anteriormente también podría cambiar las marcas epigenéticas en los embriones para así eliminar marcadores que pudieran ser perjudiciales para la vida del individuo.

Debemos indicar que en los párrafos anteriores se mencionan posibles aplicaciones de este proyecto; no obstante, se necesitan muchos estudios para poder confirmar su viabilidad.

CONCLUSIÓN

Hemos demostrado que la metilación del ADN juega un papel importante en la expresión génica mediante la modulación de la flexibilidad de la molécula de ADN. Tal y como muestran los resultados de la simulación y el experimento podemos concluir, refiriéndonos al nivel de flexibilidad, que el ADN de Referencia > Metilado > Hidroximetilado. El hecho diferencial en ambos proyectos recae en haber obtenido los mismos resultados pese a analizar la propiedades físicas, en la simulación, y analizar la dinámica molecular del ADN, en la experimenta.

Creemos que este estudio es de crucial relevancia porque se ha podido describir, de forma matemática y experimental, cómo la metilación y la desmetilación del ADN afecta directamente a sus propiedades fisicoquímicas y así altera la probabilidad de formar nucleosomas, modulando a su vez la expresión génica.

Además, esperamos que este proyecto pueda abrir las puertas al desarrollo de nuevos fármacos capaces de modular las marcas epigenéticas para así tratar, a la vez que prevenir, algunas de las enfermedades más comunes, incluyendo el cáncer.



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer al programa Locos por la Biomedicina por darme esta magnífica oportunidad de desarrollar este proyecto de investigación en las instalaciones del IRB Barcelona (Institut de Recerca Biomèdica de Barcelona) y también a todo el equipo del laboratorio de Modesto Orozco así como el de Biología Computacional y Estructural por haberme ayudado en todo lo necesario.

Especialmente me gustaría agradecer y dedicar este resultado final a dos personas sin las que no hubiera sido posible, Isabelle Brün Heath, la directora del laboratorio, por instruirme en todo momento y darme consejos. La otra persona es Jürgen Walther, quién ha apostado por mí en todo momento y que me ha dado soporte en todo lo necesario.

También quiero mencionar a mi tutor Vicent Ramiro de Molina y a todo el mundo que me ha dado soporte, sin los cuales probablemente yo no estaría en esta posición.

BIBLIOGRAFÍA

- Lim DHK, Maher ER (2010), “DNA methylation: a form of epigenetic control of gene expression”, *Obstet Gynaecol*, 12, pp.37-42.
- Jones PA (2012), “Functions of DNA methylation: islands, start sites, gene bodies and beyond”, *Nat Rev Genet*, 13, pp. 484–92.
- Steegenga WT, Boekschoten MV, Lute C, Hooiveld GJ, de Groot PJ, Morris TJ, Teschendorff AE, Butcher LM, Beck S, Müller M (2014), “Genome-wide age-related changes in DNA methylation and gene expression in human PBMCs”, *Age (Dordr)*, 36, pp. 96-48.
- Crider KS, Yang TP, Berry RJ, Bailey LB (2012), “Folate and DNA Methylation: A Review of Molecular Mechanisms and the Evidence for Folate’s Role”, *Adv Nutr An Int Rev J*, 3(1), pp. 21-38.
- Bird A. (2002), “DNA methylation patterns and epigenetic memory”, *Genes Dev*, 16(1), pp. 6-21.
- Jin X, Liu X, Li X, Guan Y. (2016), “Integrated Analysis of DNA Methylation and mRNA Expression Profiles Data to Identify Key Genes in Lung Adenocarcinoma”, *Biomed Res Int.*, pp. 43-69.
- Kohli RM, Zhang Y. (2013), “TET enzymes, TDG and the dynamics of DNA demethylation”, *Nature*, 502(7472), pp. 472-479.



- Valentini E, Zampieri M, Malavolta M, *et al.* (2016), “Analysis of the machinery and intermediates of the 5hmC-mediated DNA demethylation pathway in aging on samples from the MARK-AGE Study”, *Aging* (Albany NY), pp. 56-74.
- Putiri EL, Tiedemann RL, Thompson JJ, Liu C, Ho T, Choi JH, Robertson KD. (2014), “Distinct and overlapping control of 5-methylcytosine and 5-hydroxymethylcytosine by the TET proteins in human cancer cells”, *Genome Biol.*, 15, pp. 81.
- Ito S, Shen L, Dai Q, Wu SC, Collins LB, Swenberg JA, He C, Zhang Y. (2011), “Tet proteins can convert 5-methylcytosine to 5-formylcytosine and 5-carboxylcytosine”, *Science*, 333, pp. 1.300–03.
-

LINKS:

[El artículo completo se puede encontrar en Academia](#)
[Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores](#)



El *quorum sensing*, la red social de las bacterias

/ SEGUNDO PREMIO

AUTOR | ALEJANDRO ARRABAL SIERRA

COORDINADORAS | MARÍA TERESA VELASCO SANZ Y ANA ZORRILLA NAVARRETE

CENTRO | IES MARGARITA SALAS

CIUDAD | MAJADAHONDA

RESUMEN |

Las bacterias son más complejas de lo que popularmente se cree. Establecen sistemas de comunicación como el *quorum sensing*, basado en la secreción de autoinductores. Los procesos regulados por el *quorum sensing* son muy variados, desde la bioluminiscencia hasta la virulencia. Se demuestra experimentalmente la existencia de este sistema de comunicación, realizando tres cultivos en los que *Chromobacterium violaceum* determina si se produce o no el autoinductor *Acil-homoserina lactona* de cadena corta presentando tinción violácea

Palabras clave: Percepción de quórum, autoinductor, población bacteriana, quorum quenching, biopelícula, comunicación.

ABSTRACT |

Bacteria are more complex than what most people believe. They establish communication systems like *quorum sensing*, which is based on the secretion of autoinducers. Processes regulated by *quorum sensing* are very diverse, from bioluminescence to virulence. An experimental report is carried out to show the existence of this communication system. In order to do so, three bacterial cultures are made using *Chromobacterium violaceum* as a screening tool, which shows whether or not *N-acyl-homoserine* lactones are produced presenting a violet stain.

Keywords: Quorum sensing, autoinducer, bacterial population, quorum quenching, biofilm, communication.



INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la vida en la Tierra han existido millones de especies de seres vivos (Nieves, 2011). Debido a la selección natural, solo unas pocas han llegado a la actualidad (Llorente-Bousquets, 2008). Entre ellas están las bacterias, que fueron de los primeros seres vivos que aparecieron. Una ventaja evolutiva es la agrupación de los individuos de una misma especie formando poblaciones (Casillas y otros, 2017). Se consideraba a las bacterias como organismos individuales (Díaz Caballero y otros, 2011), pero ahora se sabe que forman poblaciones y que raramente están en forma individual. Incluso algunas forman auténticos ecosistemas microbianos totalmente organizados, llamados *biofilms*, en los que cooperan entre sí (Díaz Caballero y otros, 2011). Para ello han adoptado mecanismos de comunicación. Se llama quorum sensing o percepción de quórum a esta comunicación intercelular y éste es el tema de mi proyecto. He elegido el quorum sensing porque me parece fascinante que unos seres vivos tan sencillos hayan desarrollado un sistema de comunicación tan complejo. Además, si fuésemos capaces de comprender y controlar o anular esta comunicación podríamos utilizarla en cuestiones relacionadas con su actividad patológica, su actividad simbiótica, su uso en biotecnología o su función en los ecosistemas.

Los objetivos de esta investigación son:

1. Entender qué es y cómo funciona el *quorum sensing*.
2. Diseñar y realizar esquemas explicativos de diferentes tipos de *quorum sensing*.
3. Conocer y utilizar algunas técnicas básicas de la Microbiología.
4. Detectar en el laboratorio si se produce *quorum sensing* en tres especies de bacterias.

La hipótesis de este proyecto es que algunas bacterias se comunican mediante *acil-homoserina* lactonas de cadena corta para desarrollar *quorum sensing*.

La parte experimental se ha realizado en la Facultad de Biología del CEU San Pablo.

MARCO TEÓRICO

CONCEPTO DE QUORUM SENSING

El *quorum sensing* es un lenguaje bacteriano, es decir, un sistema de comunicación con el fin de actuar de forma conjunta y llevar a cabo diferentes respuestas (Daniels y otros, 2004). Se basa en la secreción de sustancias autoinductoras al medio extracelular, de modo que cuando la población crece, su concentración aumenta. Al llegar a unos niveles críticos, las bacterias detectan dichos autoinductores y se desencadena una acción conjunta. Así, las bacterias se coordinan para expresar ciertos genes. Se puede definir el *quorum sensing* como el



mecanismo bacteriano de comunicación intercelular que controla la expresión génica en función de la densidad celular.

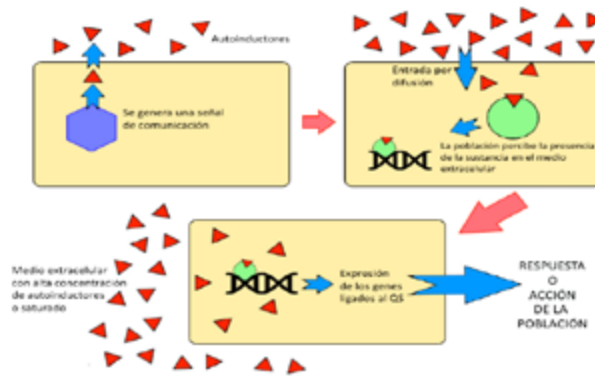
Para que se dé el fenómeno del *quorum sensing* los microorganismos deben cumplir tres condiciones (Figura 1):

- Ser capaces de generar una señal de comunicación, es decir, de expulsar al medio extracelular una sustancia de quórum o autoinductora.
- Que dicha señal se acumule en el ambiente extracelular y sea detectada por el resto de la población.
- Que la población lleve a cabo una respuesta cuando la molécula autoinductora alcance elevados niveles de concentración.

Figura 01

Condiciones para que se produzca el *Quorum sensing*.

Fuente:
Elaboración propia.



Entre las moléculas autoinductoras destacan las *acil-homoserina lactonas* (AHL) que he utilizado en mi experimento y los oligopéptidos cíclicos (March Rosselló y otros, 2013). Un mismo autoinductor puede actuar en muchas especies diferentes. Por ejemplo, la *N-acil-homoserina lactona* (AHL) de 4 a 8 C, induce que la bacteria *Chromobacterium violaceum* produzca violaceína, un pigmento púrpura. En cambio, en el caso de la bacteria *Vibrio fischeri*, produce bioluminiscencia (University of Nottingham, 2015).

Se han descrito numerosos procesos fisiológicos en los que se produce *quorum sensing*, como la bioluminiscencia, la inducción de la esporulación, la formación de *biofilms* o biopelículas, la motilidad (como el *swarming motility* (Daniels y otros, 2004)), la producción de toxinas y de factores de virulencia, y la transferencia de plásmidos de conjugación.

TIPOS DE *QUORUM SENSING*

Hay una gran cantidad de microorganismos que realizan el *quorum sensing* utilizando los mismos autoinductores y por tanto, muchos tipos de *quorum sensing*. Los tipos de *quorum sensing* se indican en la tabla 1.



Tabla 01

Tipos de quorum sensing.

CON UN AUTOINDUCTOR		CON DOS O MÁS AUTOINDUCTORES		
En Gram -	En Gram +	Sistemas sinérgicos o cooperativos		Sistemas antagónicos o competitivos
		Circuitos en paralelo	Circuitos en serie	

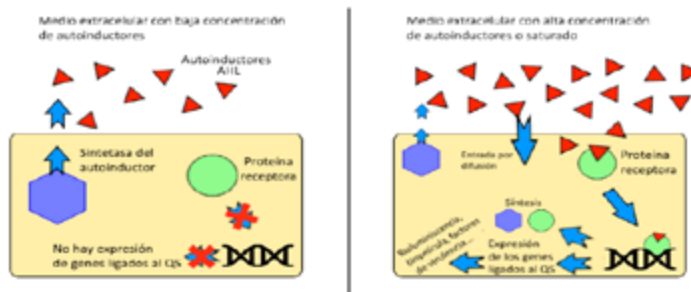
SISTEMAS CON UN AUTOINDUCTOR

-En bacterias Gram-, solo interviene una molécula autoinductora, la *acil-homoserina* lactona. Cuando la densidad bacteriana es muy baja, el autoinductor está en muy baja concentración en el medio extracelular. Al crecer la población, la concentración del autoinductor aumenta y entra por difusión a las células. Se une a una proteína receptora, lo que induce la expresión de los genes necesarios para la síntesis de la proteína receptora y de la sintetasa del autoinductor. Así el proceso de quórum se autoinduce. Además, se expresan los genes implicados en la percepción de quórum, por ejemplo, la producción de bioluminiscencia o la formación de una biopelícula (Lupp y otros, 2005) (Figura 2).

Figura 02

Quorum sensing en Gram - con un autoinductor.

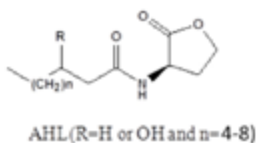
Fuente:
Elaboración propia.



Éste es el tipo de *quorum sensing* que se ha estudiado en este proyecto. Se ha pretendido detectar en bacterias Gram negativas la presencia del autoinductor AHL de cadena corta (Figura 3).

Figura 03

Estructura de las AHL con los radicales acil de cadena corta (n=4-8).



-En bacterias Gram +, los autoinductores suelen ser oligopéptidos específicos (Monnet y otros, 2016) que permiten una comunicación intraespecífica, al contrario que las Gram -. Los oligopéptidos, al ser más grandes que las AHL necesi-

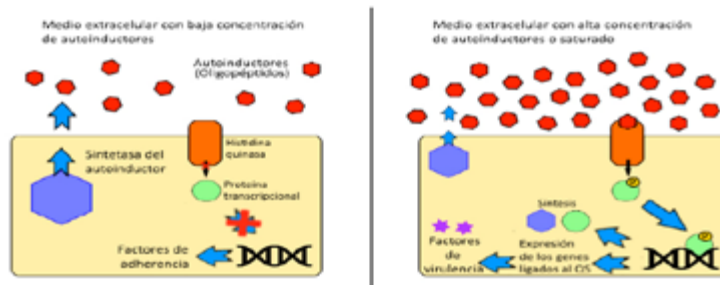


tan un transportador específico y dos receptores, una histidina quinasa de membrana y una proteína que interaccione con el ADN y que active la transcripción (Rojas Badía, 2011).

Un ejemplo es *Staphylococcus aureus*, que puede ser virulenta en la especie humana. Cuando la población de *S. aureus* es pequeña, la concentración de autoinductores es baja y se expresan factores proteicos que le permiten adherirse a superficies y colonizarlas. En cambio, cuando la población aumenta, la expresión de estos factores de adherencia disminuye. Los autoinductores se unen a los receptores histidina quinasa y producen su fosforilación, lo que provoca a su vez la fosforilación de la proteína transcripcional. Esta se une al ADN y desencadena la autoinducción del proceso y la expresión de factores de virulencia (Yarwood y otros, 2004) (Figura 4).

Figura 04

Quorum sensing en *Staphylococcus aureus* (Gram +) con un autoinductor. Fuente: Elaboración propia.



SISTEMAS CON DOS O MÁS AUTOINDUCTORES

Es más complejo que el anterior y utiliza dos o más moléculas autoinductoras.

SISTEMAS SINÉRGICOS O COOPERATIVOS

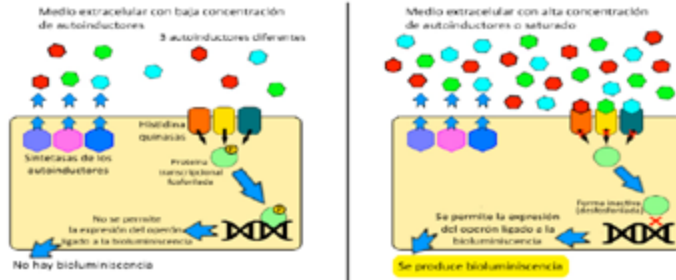
La acción de los autoinductores tiene acción positiva sobre los propios sistemas.

-Circuitos en paralelo: Los autoinductores se producen a la vez y tienen un efecto positivo sinérgico sobre el sistema que regulan. Un ejemplo es *Vibrio harveyi*, que regula así su bioluminiscencia (Waters y otros, 2006) (Figura 5). La bacteria tiene tres receptores histidina quinasa y tres autoinductores. A bajas concentraciones de los autoinductores en el medio extracelular, las histidina quinasa se autofosforilan y fosforilan a la proteína transcripcional. Esta proteína transcripcional fosforilada induce la síntesis de 5 moléculas de ARN pequeño interferente que desestabilizan los ARN mensajeros que codifican para la proteína causante de la bioluminiscencia. Cuando la concentración de *V. harveyi* alcanza un nivel elevado, los tres autoinductores se acumulan en el medio extracelular y se unen a sus proteínas receptoras de membrana. Esto evita su autofosforilación y la consiguiente síntesis de los ARN interferente pequeños, codificándose así la proteína que da lugar a la bioluminiscencia. Es decir, se permite la expresión del operón que produce la bioluminiscencia.



Figura 05

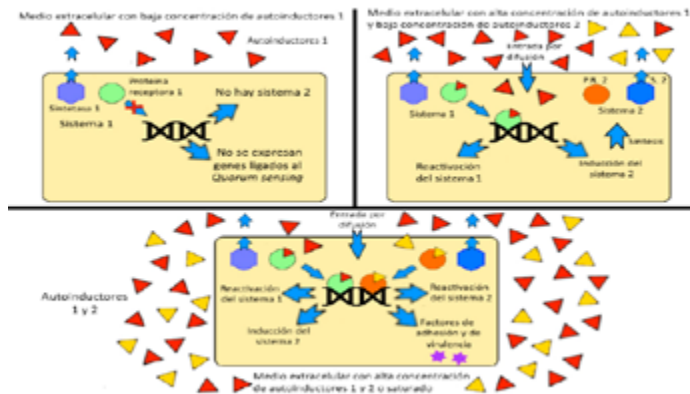
Quorum sensing en *Vibrio harveyi* con tres autoinductores de acción sinérgica y síntesis simultánea. Fuente: Elaboración propia.



-Circuitos en serie: Los autoinductores se producen secuencialmente y tienen un efecto beneficioso sobre el sistema. Un ejemplo es *Pseudomonas aeruginosa* que regula así la virulencia, la adherencia y la creación de *biofilms* (Smith y otros, 2003) (Figura 6). Esta bacteria produce dos autoinductores, a bajas concentraciones de los autoinductores 1 en el medio extracelular no se expresan los genes ligados al *quorum sensing* y no hay síntesis del autoinductor 2. A altas concentraciones de los autoinductores 1 en el medio extracelular, entran por difusión en las células y se unen a una proteína receptora que desencadena dos respuestas, por un lado, la reactivación del sistema 1 y por otro lado se induce la síntesis del autoinductor 2. El autoinductor 2 a bajas concentraciones en el medio extracelular no provoca respuesta, pero a altas concentraciones penetra en las bacterias y se une a su proteína receptora correspondiente, que desencadena la reactivación del sistema 2 y la expresión de factores de adhesión y de virulencia. A partir de este momento, *Pseudomonas aeruginosa* se vuelve patógena.

Figura 06

Quorum sensing en *P. aeruginosa* con dos autoinductores sinérgicos y en serie. Fuente: Elaboración propia.



SISTEMAS ANTAGÓNICOS O COMPETITIVOS

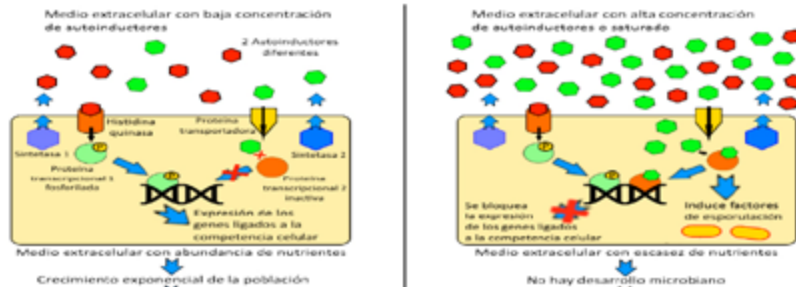
Los autoinductores tienen efectos antagónicos sobre el proceso que regulan e implican el desarrollo de vías alternativas, es decir, el desarrollo de un mecanismo conlleva la inhibición de su alternativo. Un ejemplo es *Bacillus subtilis*, que



alterna la formación de esporas de resistencia, cuando el medio presenta algún factor limitante, con el estado de competencia para incorporar ADN del medio, cuando las condiciones sean las adecuadas (Waters y otros, 2005) (Figura 7). A bajas concentraciones de los autoinductores 1 y 2 en el medio extracelular, el autoinductor 1 se une a su histidina quinasa provocando su fosforilación y la consiguiente fosforilación de la proteína transcripcional 1. Ésta induce la expresión de los genes ligados a la competencia celular. El autoinductor 2 entra en el medio citoplasmático a través de una proteína transportadora, pero debido a las bajas concentraciones no se une a la proteína transcripcional 2, de forma que está inactiva. A altas concentraciones de los autoinductores 1 y 2 en el medio extracelular la proteína transcripcional 1 estaría de forma activa (fosforilada), pero en este caso el autoinductor 2 se une a la proteína transcripcional 2 activándola y otorgándola un carácter regulador negativo de la respuesta transcripcional controlada por la proteína 1. Así, por un lado se bloquea la expresión de los genes ligados a la competencia celular y por otro lado se induce la esporulación.

Figura 07

Quorum sensing en *Bacillus subtilis* con dos autoinductores de acción antagonista. Fuente: Elaboración propia.



METODOLOGÍA

Se pretende detectar la presencia del autoinductor AHL de cadena corta en tres especies de bacterias Gram-, *Pantoea ananatis* (*Pantoea*), *Pseudomonas fluorescens* (N.19.22) y *Serratia odorifera* (*Serratia*). Se usa una cepa mutante de *Chromobacterium violaceum*, la CV026, que al entrar en contacto con las AHL de cadena corta produce violaceína, una sustancia de color púrpura (McClellan y otros, 1997).

- 1º. Se preparan cuatro cultivos en medio sólido de cada una de las especies.
- 2º. Se preparan otras tres placas con medio sólido y dibujamos una línea divisoria por la mitad de la placa delantera.
- 3º. En cada placa se siembra *C. violaceum* (CV026) en una mitad (para ver si produce violaceína) y una de las otras tres bacterias en la otra mitad (para ver si producen AHL de cadena corta). Se siembran, a partir de los cultivos prepa-



rados en el punto 1°, apurando el zigzag a la línea divisoria para que lleguen a estar en contacto las dos especies.

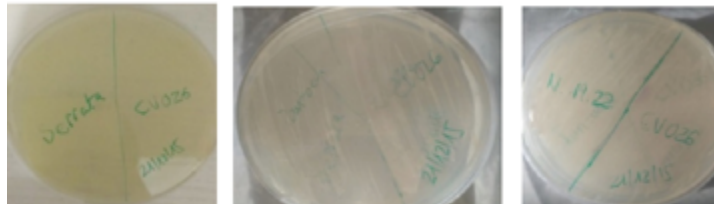
4°. Se incuban en la estufa a 28 °C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A las 17 horas después de sembradas se observa que en todas las placas de Petri ha habido crecimiento bacteriano, formándose un césped, como se muestra en la figura 8. Igualmente, en algunas placas empieza a aparecer un color violáceo.

Figura 08

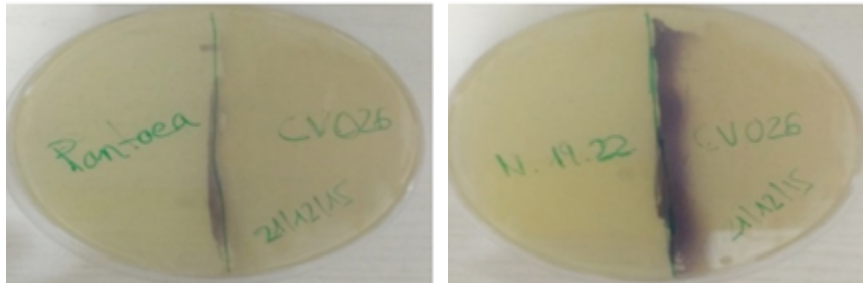
Crecimiento bacteriano en todas las placas tras 17 horas



A las 24 horas en las placas CV026-*Pantoea* y CV026-N.19.22 empieza a aparecer un color violáceo (Figura 9), debido a la interacción anteriormente descrita entre la CV026 y las bacterias que producen las sustancias del quórum; dicha interacción produce la violaceína que otorga ese color violáceo al cultivo.

Figura 09

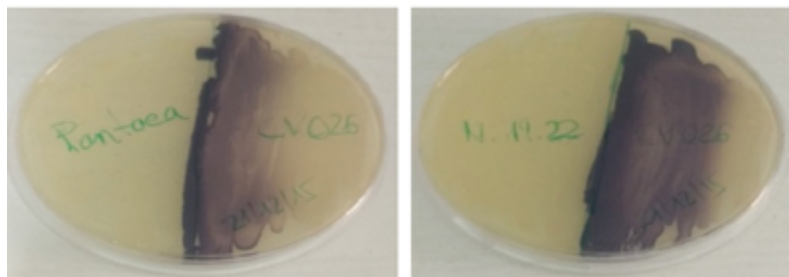
Placas *Chromobacterium violaceum* cepa CV026-*Pantoea ananatis* y CV026-*Pseudomonas fluorescens* N.19.22 con presencia de violaceína.



Después de dos días, la coloración ha aumentado y se ha extendido por el lado de la CV026, pero sin llegar al extremo (Figura 10).

Figura 10

Placas *Chromobacterium violaceum* cepa CV026-*Pantoea ananatis* y CV026-*Pseudomonas fluorescens* N.19.22 tras 48 horas.

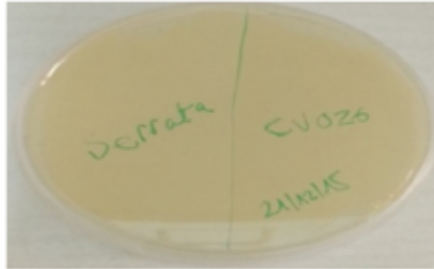




En la placa de *Chromobacterium violaceum* cepa CV026-*Serratia odorifera* ha habido crecimiento del cultivo, pero no ha aparecido coloración violácea (Figura 11).

Figura 11

Placas *Chromobacterium violaceum* cepa CV026-*Serratia odorifera* sin presencia de violaceína.



Por tanto, se puede afirmar que *Pantoea ananatis* y *Pseudomonas fluorescens* producen AHL de cadena corta como autoinductores, puestos en evidencia con la tinción. En el caso de *Serratia odorifera*, como no se produce coloración en contacto con *Chromobacterium violaceum*, se concluye que esta bacteria, en el caso de presentar *quorum sensing*, no lo realiza mediante autoinductores AHL de cadena corta.

Además, este experimento muestra un claro ejemplo de *quorum sensing*, concretamente entre *Chromobacterium violaceum* cepa CV026 con *Pantoea ananatis* y con *Pseudomonas fluorescens*. Por lo tanto, los resultados obtenidos evidencian la existencia de *quorum sensing* entre diferentes especies de bacterias.

CONCLUSIONES

- Este trabajo es un primer acercamiento al estudio del *quorum sensing*. Por un lado, se constata que las bacterias son individuos más complejos y menos individualistas y, por otro, se llega a entender el *quorum sensing* y sus distintas expresiones, realizando un experimento que permite poner de manifiesto su existencia entre diferentes especies bacterianas y a través de un tipo de moléculas autoinductoras, AHL de cadena corta.
- *Pantoea ananatis* y *Pseudomonas fluorescens* presentan *quorum sensing* mediante AHL de cadena corta. *Serratia odorifera* no presenta *quorum sensing* mediante AHL de cadena corta.
- El *quorum sensing* es un mecanismo de comunicación entre bacterias, sin importar su especie, que les permite organizarse en las infecciones, formar *biofilms* o moverse coordinadamente. Además, podría ser el primer paso hacia la pluricelularidad.
- Hay muchos tipos de *quorum sensing*, como se ha puesto de manifiesto al diseñar y realizar los esquemas explicativos de cada uno de ellos. Ha supuesto una



dificultad añadida comprender y sintetizar los procesos implicados y realizar los esquemas para comprender sus mecanismos.

- El *quorum sensing* abre numerosas vías de investigación en un futuro cercano. Dada su importancia en la coordinación de los crecimientos bacterianos, su comprensión y control permitirá aplicarlo en la lucha contra bacterias patógenas, en biotecnología o en la recuperación de entornos dañados.

BIBLIOGRAFÍA

Casillas, S. y Barbadilla, A. (2017), “Molecular Population Genetics”, *Genetics*, 205, pp. 1003-1035, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/2krm9e>, [consultado el 13/06/2017].

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. (2008), “Estado del conocimiento de la biota”, *Capital natural de México*, 1, pp. 283-322, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/jCL1qd>, [consultado el 17/12/2016].

Daniels, R.; Vanderleyden, J. y Michiels, J. (2004), “*Quorum sensing* and swarming migration in bacteria”, *FEMS Microbiology Reviews*, 28 (3), pp. 261-289, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/mogc1Z>, [consultado el 17/12/2016].

Díaz Caballero, A.J.; Vivas Reyes, R.; Puerta L.; Ahumedo Monterrosa, M.; Arévalo Tovar, L.; Cabrales Salgado, R. y Herrera Herrera, A. (2011), “Biopelículas como expresión del mecanismo de *quorum sensing*”, *Avances en Periodoncia e Implantología Oral*, 23 (3), pp. 195-201, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/JMjs5F>, [consultado el 21/07/2016].

Lupp, C. y Ruby, E.G. (2005), “*Vibrio fischeri* Uses Two Quorum-Sensing Systems for the Regulation of Early and Late Colonization Factors”, *Journal of Bacteriology*, 187 (11), pp. 3620-3629, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/VaY8Um>, [consultado el 19/12/2016].

March Rosselló, G.A. y Eiros Bouza, J.M^a. (2013), “*Quorum sensing* en bacterias y levaduras”, *Medicina Clínica*, 141 (8), pp. 353-357, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/8hGAak>, [consultado el 17/12/2016].

McClellan, K.H.; Winson, M.K.; Fish, L.; Taylor, A.; Chhabra, S.R.; Cámara, M.; Daykin, M.; Lamb, J.H.; Swift, S.; Bycroft, B.W.; Stewart, G.S.A.B. y Williams, P. (1997), “*Quorum sensing* and *Chromobacterium violaceum*: exploitation of violacein production and inhibition for the detection of N-acylhomoserine lactones”, *Microbiology*, 143 (12), pp. 3703-3711, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/mXC7yj>, [consultado el 17/12/2016].

Monnet, V.; Juillard, V. y Gardan, R. (2016), “Peptide conversations in Gram-positive bacteria”, *Critical Reviews in Microbiology*, 42 (3), pp. 339-351, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/GuFkly>, [consultado el 17/12/2016].



- Nieves, J.M. (2011), “¿Cuántas especies hay en la Tierra?”, ABC, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/Dx1HGT>, [consultado el 17/12/2016].
- Rojas Baldía, Marcia M. (2011), “*Quorum sensing* en la asociación beneficiosa de las bacterias con las plantas”, *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13 (2), pp. 135-143.
- Smith, R.S. y Iglewski, B.H. (2003), “*Pseudomonas aeruginosa quorum sensing* as a potential antimicrobial target”, *The Journal of Clinical Investigation*, 112 (10), pp. 1460-1465, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/cdoiHC>, [consultado el 17/12/2016].
- University of Nottingham (2015), *The quorum sensing site*, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/8m30Vz>, [consultado el 19/12/2016].
-

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en Academia
Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores



Y tú, ¿cómo pisas?

/ SEGUNDO PREMIO

AUTORA | IRIA OLLERO CADILLA

COORDINADOR | DAVID BALLESTEROS ÁLVAREZ

CENTRO | AULAS TECNÓPOLE

CIUDAD | SAN CIBRAO DAS VIÑAS

RESUMEN |

El trabajo parte de la hipótesis de que gran parte de la población pisa de una forma incorrecta y lo desconoce. Para abordar el tema desde un punto de vista experimental, se realizaron encuestas y se han diseñado distintos sistemas que permiten en análisis de la pisada de los sujetos de pruebas de una forma completa. Por último, todo el conjunto de datos fue tratado estadísticamente para su análisis y poder comprobar la corrección de la hipótesis de trabajo, que efectivamente se vio corroborada.

Palabras clave: Pisada, incorrecta, encuestas, sistemas de análisis.

ABSTRACT |

The project starts with an hypothesis which says that the great part of the population step in an incorrect form and does not know it. To approach the subject from an experimental point of view, surveys have been carried out and systems have been designed that allow the analysis of the information of the subjects to be tested in a complete way. Finally, the entire data set was treated statistically for analysis and to verify the accuracy of the work hypothesis, which was effectively corroborated.

Keywords: Incorrect, step, surveys and analysis systems.



Gran parte de la población no sabe cómo pisa, si lo hace de forma correcta o incorrecta y las consecuencias que puede provocar el no pisar adecuadamente. La finalidad de este proyecto es conocer las características de la pisada media de la población objeto de estudio y descubrir qué porcentaje presenta anomalías.

La idea fue desarrollar cuatro dispositivos distintos que permitieran analizar la pisada de cada persona. Estos sistemas abarcan gran parte del aparato locomotor. No solo se centran en la pisada sino también en otras partes muy importantes de la biomecánica de nuestras extremidades como son el tendón de Aquiles o los gemelos. De forma complementaria, se realizaron encuestas a los sujetos estudiados. Los resultados indican que la hipótesis se cumple y que gran parte de la población pisa de forma incorrecta y lo desconoce.

INTRODUCCIÓN

Los pies son una de las partes más importantes del cuerpo ya que es donde acaban muchas de las terminaciones nerviosas, es a través de los cuales estamos en contacto con el suelo y son los que nos permiten avanzar. Las posiciones incorrectas del pie, desencadenan fuerzas y tracciones que afectan a su estructura.

Mucha gente no sabe cómo pisa y desconoce que una deformación mínima en la curvatura de la pisada puede desembocar en problemas mayores que son más importantes si la persona que los tiene practica algún deporte de manera frecuente.

Partiendo de estos datos, lo que he hecho es desarrollar cuatro 4 sistemas distintos para valorar de diferentes modos todos los aspectos ligados a la pisada y a las áreas que pueden influir en las lesiones de pie como son el tendón de Aquiles y los gemelos.

HIPÓTESIS

El proyecto parte de una hipótesis de trabajo: “Gran parte de la población pisa de forma incorrecta y lo desconoce”.

Para poder comprobar la hipótesis he diseñado distintos dispositivos, por lo que en el proyecto también tengo un objetivo tecnológico: “Diseñar dispositivos de bajo coste que permitan analizar la biomecánica de nuestro aparato locomotor”.

OBJETIVOS

1. Descubrir si la gente sabe cómo pisa.
2. Analizar los factores ligados a la pisada.
3. Desarrollar diversos sistemas que me permitan el análisis de la pisada.



MATERIALES

Lámina de metacrilato, una tira de leds IR, una cámara PS3 Sony Eye, negativo de cámara fotográfica revelado, sensor muscular MyoWare Muscle Sensor, electrodos, 2 Arduino UNO, 5 sensores de presión, plástico, arcilla, silicona, vaselina, ordenador y cables.

MÉTODO

Mi proyecto consta de tres partes: búsqueda de información, desarrollo de 4 sistemas que me permitan el análisis de la pisada y recogida de datos y por último, hacer unas encuestas con preguntas acerca de los pies para ver cuánto los conocen y ver así si se cumple mi hipótesis de que la mayor parte de la población pisa de forma inadecuada y lo desconoce.

La primera parte fue informarme sobre todos los tipos de pies que existen, biomecánica, tipos de malformaciones, de pisadas, etc. Así como sobre qué causas puede tener una mala pisada sin que la persona lo sepa. Para ello, me informé en diversas páginas web y también fui a hablar con dos podólogas quienes me respondieron a todas las preguntas que tenía. Todo esto me sirvió para poder entender mejor las distintas tipologías de pies, poder realizar todas las pruebas y obtener conclusiones

La segunda parte fue el desarrollo de los sistemas:

- **Primer sistema** consiste en obtener la parte negativa de la huella para poder aproximarme a la forma de pisar de la persona, porque en ella se puede apreciar perfectamente con qué parte del pie ejerce cada individuo mayor fuerza, y ver de esta forma si su apoyo al pisar es correcto o no. El negativo lo obtuve tras invertir con silicona una plantilla de arcilla con la cual andaba cada individuo durante 10 min para que cogiese la forma del pie.

- **El segundo sistema** desarrollado, permite medir la tensión muscular en el tendón de Aquiles. Mucha tensión en este tendón puede ser una de las causas de dolores y lesiones en la zona de los pies.

Lo que hice fue utilizar un sensor de tensión muscular llamado MyoWare Muscle Sensor al cual le coloqué unos electrodos que son los que me permitían la lectura de la tensión en el tendón, mediante la detección de su potencial eléctrico.

Los electrodos se colocaban de forma que los dos principales, los que están incorporados en el sensor, se colocaban en mi caso encima del tendón de Aquiles y el tercero sobre otro músculo o tendón. Para que funcionara, lo conecté a un Arduino Uno y lo programé para obtener los datos que me interesaban. Con este sistema lo que hice fue tomar valores de tensión en el tendón de Aquiles mientras la persona saltaba, andaba y corría, finalicé comparando los resulta-



dos de todas las personas testadas. La elección de este tipo de actividades se debió a que dependiendo del tipo de acción estudiada la tensión muscular varía en función de factores tales como el realizar o no deportes, la flexión dorsal, la plantar (medidas al comienzo de las pruebas) y también del peso (preguntado en la encuesta).

A continuación, preparé un **tercer sistema** que consiste en un metacrilato horizontal que incorpora unos leds IR en el perímetro cubiertos por un metal para que la luz solo se dirija al metacrilato.

Enfrente del cristal coloqué una cámara PS3 Sony Eye la cual desmonté para modificarla y adecuarla a mis necesidades, le quité el filtro que evita el paso de IR que tiene por defecto y le puse un negativo de cámara en su lugar que me permite la visión de luz IR ya que el negativo bloquea el espectro visible.

A continuación, le decía a la persona que apoyase el pie en el metacrilato, así se iluminaba toda la huella de luz IR que no es visible a simple vista pero conectando la cámara modificada al programa CCV en el ordenador y enfocando hacia la base, consigo visualizar el reflejo que se produce. De esta forma, puedo observar perfectamente la huella de cada persona en el ordenador para así poder clasificarla en función del tipo de pie que tenga (cavo, plano o normal).

El **cuarto sistema** sirve para medir la presión simultánea en 5 puntos del pie, obteniendo así la distribución del peso corporal en el pie. Lo que hice fue partir de 5 sensores de presión conectados a un Arduino UNO y elaborar el código correspondiente que permite medir los valores de presión de los cinco al mismo tiempo. Los datos obtenidos los envía al ordenador para, a partir de ahí, poder ver con exactitud la presión ejercida por cada una de las 5 zonas que son el talón, el lateral del pie, la zona del dedo meñique, la zona anterior del dedo gordo y el dedo gordo.

La recogida de estos datos la realicé de dos formas, con el apoyo de los dos pies en el suelo y con el apoyo de un único pie en el suelo (a la pata coja). Lo hice así debido a que cuando una persona apoya con los pies en el suelo puede involuntariamente modificar la pisada; sin embargo, al cargar todo el peso de la persona sobre un pie alcanzando un perfecto equilibrio, se obtiene desde mi punto de vista un resultado más fiable. La medición de la presión la tomé durante 10 segundos para continuar haciendo la media de estos 10 segundos. Y por último, lo pasé a porcentaje que es el dato con el que a mí me interesaba trabajar.

Una vez creados todos los sistemas, lo que hice fue desarrollar unas encuestas en ellas se realizan preguntas para saber si la gente realmente sabe cómo pisa. Una vez que todos los dispositivos y la encuesta estuvieron preparados, pasé a la recogida de datos de individuos de edades comprendidas entre 11 y 18 años. En todos los casos seguimos el mismo protocolo. En primer lugar cubrir la en-



cuesta y a continuación, llevar a cabo las pruebas de pisada, el mismo orden en el que fueron presentadas. Hasta el momento el muestreo alcanza las 33 personas. Es un número aún reducido, pero el proceso de recogida de datos de cada individuo lleva unos 50 minutos como mínimo y es necesario llevarlo a cabo en el espacio donde tengo instalados los sistemas, ya que el traslado e instalación es complejo (especialmente el sistema que utiliza cámara infrarroja).

RESULTADOS

Cada dispositivo me ha permitido obtener información sobre la pisada. Y dicha información es complementaria entre sí.

Como resultados de cada sistema, he recabado la siguiente información sobre la pisada:

- Con el **primer sistema**, obteniendo el negativo de la pisada tras 10 minutos andando, he podido ver como el resultado no es el mismo que pidiendo a una persona que apoye el pie. Esto se debe a que en el último caso el individuo puede modificar consciente o inconscientemente la colocación de su pie, algo que no puede hacer caminando durante 10 minutos. Esto nos ofrece una pisada “promedio” ligada a la biomecánica del sujeto. Pudiendo ver que hay personas que al caminar realizan mucha fuerza sobre el dedo gordo del pie, en lugar de repartirla con la parte anterior de este.

En lo que me centré principalmente en cada huella obtenida es en ver cómo es la distribución de la fuerza entre el dedo gordo y la zona anterior a este. En una pisada correcta, la fuerza está repartida de manera igual entre estas dos zonas de forma que, en la huella se observa continuidad entre zona del dedo gordo y la zona anterior a dicho dedo (no hay presencia de una raya que lo separe). Sin embargo cuando la fuerza ejercida con el dedo gordo es superior a la de la zona anterior de este, en el negativo se puede observar una línea de presión que se verá más o menos marcada dependiendo de la cantidad de fuerza ejercida. En este caso en el que el dedo gordo ejerce una fuerza muy grande puede dar lugar a que en un futuro la persona tenga problemas en él llegando a veces a tener artritis (inflamación de la articulación). Con este sistema pues podemos ya comenzar a estudiar cómo pisa cada persona.

- Gracias al **segundo sistema** que sirve para medir la tensión muscular en el gemelo y en el tendón de Aquiles, he podido descubrir varias cosas tras el análisis estadístico de los datos:

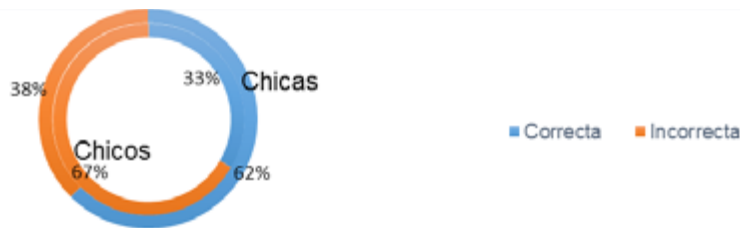
- Los que no realizan deporte, tienen una mayor tensión del tendón de Aquiles corriendo, un incremento de 15-31% respecto a la media de personas que realizan algún tipo de práctica deportiva. Esto puede ser una de las causas por las cuales cuando a una persona que no realiza deporte le pides dar un *sprint*, lo más probable es que al llegar al final te diga que le ha dado un tirón.



- Los que distribuyen peor el peso en el pie, tienen una mayor tensión, un aumento de hasta un 28% respecto a la persona que tiene una correcta distribución. Este dato lo pude conocer una vez analizados todos los individuos y pudiendo ver que se repetían en todos los que tenían una distribución incorrecta.
- Las personas con mayor flexión dorsal, presentan menor tensión, un 12-37% menos. Este hecho se puede explicar porque cuanto mayor flexibilidad tengas en el tendón de Aquiles, menor tensión se presenta pudiendo alcanzar una mayor flexión dorsal.
- Las personas con mayor flexión plantar y poca flexión dorsal presentan mayor tensión al saltar, un incremento de hasta un 32% comparado con la media de personas que tienen una flexión plantar y dorsal dentro de la media.
- Y también pude observar que a mayor peso, mayor es la tensión de su tendón de Aquiles, un incremento de entre un 32-64% respecto a una persona con peso normal.

A continuación se muestra un gráfico donde se compara la tensión entre chicos y chicas. Estableciendo como saludables los datos que se encuentran de la media de tensión hacia abajo e incorrectos los que están por encima de dicha media. Podemos observar que las chicas acostumbran a tener una mejor tensión en el tendón de Aquiles que los chicos. En la gráfica el círculo exterior corresponde a las chicas y el interior a los chicos.

Figura 01



- Con el **tercer sistema** consistente en la base de metacrilato con la cámara IR he sido capaz de ver la parte del pie que apoya cada persona mientras permanece inmóvil sobre la base; gracias a esta imagen, se puede saber qué tipo de pisada tiene cada persona, es decir, si son pronadores, supinadores o neutros así como qué tipo de pie presentan (cavo, plano o normal). De entre todos los analizados, he obtenido que un 54% tienen el pie cavo, un 19% plano y un 27%, pisan de forma adecuada. Si diferenciamos entre sexos, una mayor presencia de pie cavo en chicas y de pie plano en chicos. En algunas de las imágenes he podido ver como hay alguna persona que al apoyar el pie, en la zona de los dedos solo apoya el dedo gordo.

- Y con el **último sistema**, he conseguido analizar la distribución del peso corporal en el pie, viendo qué presión ejerce cada persona con las 5 partes que hemos



distinguido. Los resultados se muestran de manera independiente el talón, el lateral y meñique conjuntos y dedo gordo y la zona anterior a este también conjuntos. Esta clasificación se debe a que en todas las consultas bibliográficas realizadas se mostraban así estos datos. En los resultados constaté como hay personas que ejercen mucha fuerza en el talón y poca en la zona delantera del pie, también se dio algún caso en el que no había presión alguna en el lateral. Y aquí igual que en el primer sistema explicado, pude distinguir varios casos en los que la presión ejercida con el dedo gordo es mucho mayor a la ejercida con la zona anterior de este dedo.

Como resultados de la encuesta, cabe destacar estos dos:

Figura 02 y Figura 03



A la pregunta de si presentan algún tipo de malformación en los pies, casi la totalidad afirma no tener ninguna.



A la pregunta de ¿crees que pisas de forma correcta?, podemos observar que un 26% dice que pisa mal y un 74% cree que pisa de forma correcta

Los resultados generales comparando con las encuestas realizadas, indican:

Figura 04 y Figura 05



Uniando los resultados obtenidos con todos los sistemas, he podido ver que hay un 12% que pisa de manera correcta y un 88% que pisa de manera incorrecta.

Si comparamos los resultados de la pregunta, ¿cómo creen que pisan?, realizada en la encuesta (26%-incorrecta; 74%-correcta) con cómo en realidad pisan, podemos observar que hay un 20% que es consciente de cómo pisa, es decir, sabe si pisa bien o mal, mientras que hay un 80% que desconoce su forma de pisar.



CONCLUSIONES

Se cumple mi hipótesis ya que gran parte de las personas analizadas pisaban de forma incorrecta y lo desconocían.

Por otro lado, he comprobado que los sistemas que he desarrollado me permiten obtener datos fiables que permiten el análisis integral del pie así como también de otras partes del aparato locomotor como son los gemelos y el tendón de Aquiles.

BIBLIOGRAFÍA

- Biolaster, “Anatomía Del Tendón De Aquiles”, *Biolaster*, disponible en: www.biolaster.com/traumatologia/tobillo/tendinitis_Aquiles/anatomia_Aquiles [consultado el 22/01/2017].
- Dmedicina (2015), “Pies Planos, Cavos y Valgos: Posibles Causas De La Fascitis Plantar”, *CuidatePlus*, disponible en: www.dmedicina.com/vida-sana/deporte/ejercicio-fisico/2015/08/04/pies-planos-cavos-valgos-possibles-causas-fascitis-plantar-88675.html [consultado el 11/01/2017]
- Hernández Guerra, R.H. (2006) “Prevalencia del pie plano en niños y niñas en las edades de 9 a 12 años”, *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, vol. 6 (23) pp. 165-172 disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista23/artpieplano.htm> [consultado el 24/02/2017].
- Infantil, Traumatología. “Pies Planos”, Pies Planos - Traumatología Infantil disponible en: www.traumatologiainfantil.com/es/pie/pies-planos [consultado el 02/02/2017].
- L, Pérez Abela A, et al. “Pie Equinovaro Congénito”, *Revista De La Sociedad Andaluza De Traumatología y Ortopedia*, Elsevier, disponible en: www.elsevier.es/es-revista-revista-sociedad-andaluza-traumatologia-ortopedia-130-articulo-pie-equinovaro-congenito-13050475 [consultado el 20/01/2017].
- MedlinePlus, “Tendinitis Aquilea”, *MedlinePlus Enciclopedia Médica*, disponible en: www.medlineplus.gov/spanish/ency/article/001072.htm [consultado el 01/02/2017].
- Mibienestar, “Los seis movimientos del pie”, - *Mibienestar.es*, disponible en: www.mibienestar.es/salud/2-general/23-los-seis-movimientos-del-pie.html [consultado el 16/02/2017].



Pies Planos Tratamientos, Síntomas e Información En CuidatePlus”, *CuidatePlus* (2016), www.dmedicina.com/enfermedades/enfermedades-del-pie/pies-planos.html [consultado el 2/02/2017].

Salazar Gómez C. (2007), “Pie plano, como origen de alteraciones biomecánicas en cadena ascendente”, *Science Direct*, disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211563807744188> [consultado el 24/02/2017].

Zurita Ortega F, Martínez Martínez A, Zurita Ortega A, (2007), “Influencia de la tipología del pie en la actividad físico deportiva”, *Science Direct*, disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211563807744176> [consultado el 18/02/2017].

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en Academia
[Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores](#)

the 1990s, the number of people in the UK who are employed in the public sector has increased from 10.5 million to 12.5 million (12.5% of the population).

There are a number of reasons for this increase. One is that the public sector has become a more important part of the economy. Another is that the public sector has become more efficient. A third is that the public sector has become more attractive to workers. A fourth is that the public sector has become more diverse.

The public sector has become a more important part of the economy because it provides a range of services that are essential for the well-being of the population. These services include health care, education, and social care. The public sector has also become more efficient because of the introduction of new technologies and the restructuring of public services.

The public sector has become more attractive to workers because it offers a range of benefits that are not available in the private sector. These benefits include job security, pension schemes, and access to public services. The public sector has also become more diverse because it now employs a wide range of people from different backgrounds and cultures.

The public sector has become more diverse because it has become a more important part of the economy. This has led to an increase in the number of people who are employed in the public sector. The public sector has also become more efficient because of the introduction of new technologies and the restructuring of public services.

The public sector has become more attractive to workers because it offers a range of benefits that are not available in the private sector. These benefits include job security, pension schemes, and access to public services. The public sector has also become more diverse because it now employs a wide range of people from different backgrounds and cultures.

The public sector has become more diverse because it has become a more important part of the economy. This has led to an increase in the number of people who are employed in the public sector. The public sector has also become more efficient because of the introduction of new technologies and the restructuring of public services.

The public sector has become more attractive to workers because it offers a range of benefits that are not available in the private sector. These benefits include job security, pension schemes, and access to public services. The public sector has also become more diverse because it now employs a wide range of people from different backgrounds and cultures.

The public sector has become more diverse because it has become a more important part of the economy. This has led to an increase in the number of people who are employed in the public sector. The public sector has also become more efficient because of the introduction of new technologies and the restructuring of public services.

The public sector has become more attractive to workers because it offers a range of benefits that are not available in the private sector. These benefits include job security, pension schemes, and access to public services. The public sector has also become more diverse because it now employs a wide range of people from different backgrounds and cultures.

The public sector has become more diverse because it has become a more important part of the economy. This has led to an increase in the number of people who are employed in the public sector. The public sector has also become more efficient because of the introduction of new technologies and the restructuring of public services.

The public sector has become more attractive to workers because it offers a range of benefits that are not available in the private sector. These benefits include job security, pension schemes, and access to public services. The public sector has also become more diverse because it now employs a wide range of people from different backgrounds and cultures.

The public sector has become more diverse because it has become a more important part of the economy. This has led to an increase in the number of people who are employed in the public sector. The public sector has also become more efficient because of the introduction of new technologies and the restructuring of public services.



¿Por qué soy así? Análisis de mis caracteres genéticos

/ TERCER PREMIO

AUTORA | ANDREA ÁVALOS VALERA

COORDINADORA | MARÍA ÁNGELA NUEL CHAVARRÍAS

CENTRO | IES PALAS ATENEA

CIUDAD | TORREJÓN DE ARDOZ

RESUMEN |

El propósito de esta investigación es el estudio genético de ciertos caracteres Mendelianos en los miembros de mi familia. Los caracteres estudiados son: pico de viuda, capacidad de enrollar la lengua en "U", barbilla partida, lóbulos de las orejas libres, grupo sanguíneo y factor Rh. He estudiado cómo los alelos responsables de la expresión de estos caracteres se han heredado en las generaciones de individuos pertenecientes a mis dos ramas familiares. Aplicando la primera y la segunda ley de Mendel y realizando el árbol genealógico y fenotípico para cada carácter, he podido deducir mi genotipo para cada uno de ellos y determinar cuáles he heredado de cada línea familiar.

Palabras clave: Caracteres, genética Mendeliana, estudio genético, herencia, genotipo, fenotipo, alelos, árboles genealógicos.

ABSTRACT |

The purpose of this research is the genetic study of certain Mendelian traits in the members of my family. The traits studied are: widow's peak, ability to roll the tongue in "U", cleft chin, free earlobes, blood type and Rh factor. I have studied how the alleles responsible for the expression of these traits have been inherited in the generations of individuals that belong to my two family branches. By applying the Mendel's first and second law and the development of the genealogical and phenotypic trees for each of the traits, I have been able to deduce my genotype for each of them and determine which ones I have inherited from each family line.

Keywords: Traits, Mendelian genetics, genetic study, heritage, genotype, phenotype, alleles, genealogical trees.



INTRODUCCIÓN

Elegí realizar mi proyecto de investigación en Biología, en concreto sobre la herencia genética, porque es una de las disciplinas que más me gustan y además, me parece sorprendente como la prioridad de un gen sobre otro puede determinar, por ejemplo, el aspecto físico de una persona.

Siempre me ha interesado saber cuáles son las razones por las que los familiares nos parecemos tanto en ciertos rasgos, y hacer este proyecto sobre los caracteres que me definen, y que provienen de mis antepasados, es la mejor manera de averiguarlo.

Mi trabajo consiste en investigar sobre mi legado genético. Por ello, mi interés se basa en obtener, a partir del estudio de algunas de las características fenotípicas de mi familia, los suficientes datos como para deducir qué caracteres he heredado de cada rama, ya que son estos los que me caracterizan.

En cuanto al desarrollo del proyecto lo he dividido en dos partes: una parte teórica y una parte práctica o experimental.

En la parte teórica he recogido los principios básicos de la genética, sus conceptos, la figura de Mendel, los experimentos que realizó, y en general en qué consiste la genética mendeliana. Todos estos apartados son necesarios para que durante el desarrollo de la parte práctica, se puedan comprender los términos utilizados, las tablas de datos, la relación entre genes y su expresión dando lugar a las características fenotípicas.

OBJETIVOS

El objetivo principal de mi proyecto es determinar mi genotipo para los caracteres mendelianos seleccionados a través del estudio de sus fenotipos en mi familia. No obstante, dentro de este objetivo principal se incluyen otros objetivos secundarios como son: analizar la transmisión de ciertos caracteres que siguen patrones mendelianos analizando los fenotipos de los sujetos de estudio y deducir mi genotipo aplicando las Leyes de Mendel mediante la utilización de árboles genealógicos. Como complemento a estos, comprobar de manera experimental si mi grupo sanguíneo coincide con el determinado al nacer.

METODOLOGÍA

He trabajado con 26 sujetos de estudio, que son mis familiares, 13 hombres y 13 mujeres. Como caracteres he elegido el pico de viuda, la barbilla partida, la capacidad de enrollar la lengua en forma de "U", los lóbulos libres o unidos de las orejas, el grupo sanguíneo y el factor Rh; todos ellos dependientes de un único gen.



La ubicación exacta de cada uno de los caracteres en los cromosomas humanos es la siguiente: el gen ABO expresa el carácter *grupo sanguíneo* y se encuentra en el cromosoma 9, el gen RHCE expresa el carácter *Rh* y se encuentra en el cromosoma 1, el gen SFRP2 expresa el carácter *lóbulos de las orejas libres* y se encuentra en el cromosoma 4, el gen NSD1 expresa el carácter *barbilla partida* y se encuentra en el cromosoma 5, el gen ITGB1 expresa el carácter de la *capacidad de enrollar la lengua en forma de "U"* y se encuentra en el cromosoma 10 y por último, el gen CCL11 expresa el carácter *pico de viuda* y se encuentra en el cromosoma 17.

Figura 01

Localización de los caracteres estudiados en los genes del cariotipo humano.



A continuación, aplicando la primera y la segunda ley de Mendel, deduje a partir del fenotipo expresado y de las relaciones familiares (padres, hijos, hermanos,...) los genotipos de cada individuo y así pude elaborar un árbol genealógico y fenotípico para cada uno de los caracteres. Llevé a cabo un seguimiento a lo largo de mi línea familiar y analicé tanto el fenotipo, mediante las imágenes tomadas a mis familiares, como el genotipo hasta llegar a mí. De este modo he conseguido determinar mi genotipo heredado para cada uno de los caracteres.

PARTE PRÁCTICA

Los materiales utilizados para la realización de esta parte práctica han sido las fotografías tomadas a cada familiar para estudiar sus características observables y así poder deducir sus genotipos.

Para la determinación del grupo sanguíneo y Rh, como son caracteres no observables, he utilizado un kit básico de laboratorio que contenía una jeringuilla, 3 portaobjetos, 3 frascos de reactivos (anticuerpos A, anticuerpos B y anticuerpos D), alcohol, algodón y unos palillos.

El análisis de este carácter se ha realizado a partir de los datos aportados por cada miembro de mi familia. En mi caso también partía del conocimiento de



mi grupo sanguíneo y mi Rh, determinados al nacer, pero he querido realizar la determinación experimental para comprobar si era correcto y para conocer el procedimiento de determinación.

Para cada uno de los caracteres he realizado el árbol genealógico y fenotípico siguiendo los parámetros utilizados para la elaboración de los mismos. Son árboles descendentes que plasman las relaciones parentales que unen a los miembros de mi familia. A partir del análisis de los árboles he obtenido los resultados que me han permitido determinar, no sólo mi genotipo para cada carácter, sino de qué rama familiar he heredado cada uno de ellos.

RESULTADOS

Para el carácter barbilla partida soy homocigótica recesiva, ya que no expreso el carácter fenotípicamente, al igual que mi madre.

Figura 02

Árbol genealógico.
Carácter: barbilla partida.



Para el carácter capacidad de enrollar la lengua en "U" soy heterocigótica. Presento el carácter fenotípicamente puesto que he heredado el alelo dominante de mi padre.

Figura 03

Árbol genealógico.
Carácter: capacidad de enrollar la lengua en "U".



Para el carácter lóbulos de las orejas libres soy heterocigótica, ya que presento el carácter fenotípicamente heredado del alelo dominante de mi padre.



Figura 04

Árbol genealógico.
Carácter: lóbulos de las orejas.



Para el carácter pico de viuda soy homocigótica recesiva, ya que no expreso el carácter en mi fenotipo, al igual que mi madre.

Figura 05

Árbol genealógico.
Carácter: pico de viuda.



Para el carácter grupo sanguíneo y Rh, soy heterocigótica con respecto al grupo sanguíneo porque he heredado el alelo A de mi padre; y homocigótica recesiva con respecto al Rh, al igual que mi madre.

Figura 06

Árbol genealógico.
Caracteres: grupo sanguíneo y Rh



Además de estos resultados, en la determinación experimental del grupo sanguíneo he obtenido un valor diferente para el Rh del que me determinaron al nacer, resultando ser positivo. Es preciso realizar una nueva comprobación a este respecto para poder concluir mi Rh definitivo, ya que el kit experimental utilizado, que era el que estaba disponible en mi centro educativo, era muy básico y sus resultados no son concluyentes.

CONCLUSIONES

Tras el desarrollo de la parte práctica y el análisis de los árboles genealógicos, he llegado a dos conclusiones principales.

La primera de ellas es que me parezco más a mi familia materna que a la paterna; ya que, más de la mitad de los caracteres fenotípicos que presento son



iguales a los de mi madre, aunque en todos estos casos se trata de fenotipos recesivos para los que son necesarios los alelos recesivos de ambos progenitores. Los caracteres fenotípicos en los que coincido con mi padre dependen de su alelo dominante, son parte de su herencia, ya que mi madre es recesiva para todos ellos.

Mi segunda conclusión es que he sido capaz de determinar el genotipo para cada uno de mis caracteres y para la mayoría de los miembros de mi familia.

BIBLIOGRAFÍA

- King, R. C. (1969), *Genética*, Madrid, Espasa-Calpe.
- Jimeno, A., Ballesteros, M., Pardo, A. y Ugedo, L. (1983), *Biología*, Madrid, Santillana.
- Solomon, E. P., Villee, C. A. y Davis, P. W. (1987), *Biología*, México, Nueva Editorial Interamericana.
- Panadero, J. E., García, A. y Fuente, M. R. (2016), *Biología y Geología*, Madrid, Bruño.
- López, M., Merino, M. y Sanz, M. (2016), *Biología y Geología*, Madrid, Oxford.
- Serie Alélica*. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Serie_alélica, [consultado en julio de 2017].
- Lourdes Luengo, (s.f.), *La herencia genética*, Recursostic.educación, [en línea], disponible en: http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena6/4quincena6_contenidos_4c.htm, [consultado en julio de 2017].
- Gregor Mendel*. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Gregor_Mendel, [consultado en julio de 2017].
- Ciclo celular*. (s.f.), [en línea], disponible en: http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Celular_Ciclo.html, [consultado en julio de 2017].
- Mitosis*. (s.f.), [en línea], disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mitosis>, [consultado en julio de 2017].
- Huella genética*. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Huella_gen%C3%A9tica, [consultado en julio de 2017].
- Huella genética*. (s.f.), [en línea], disponible en: <https://www.ibbiotech.com/es/info/huella-genetica/>, [consultado en julio de 2017].
- Definición de anticuerpo*. (s.f.), [en línea], disponible en: <http://www.encyclopediasalud.com/definiciones/anticuerpo>, [consultado en julio de 2017].
- Reacción de aglutinación*. (s.f.), [en línea], disponible en: <http://www.microinmuno.qb.fcen.uba.ar/SeminarioInmunologia2.htm>, [consultado en julio de 2017].



Grupos sanguíneos. (s.f.), [en línea], disponible en: http://www.kardiagnostx.com/documentos/Hemato_35.pdf, [consultado en julio de 2017].

¿*Qué es un árbol genealógico?* (s.f.), [en línea], disponible en: http://www.plusesmas.com/genealogia/arbol_genealogico/que_es_un_arbol_genealogico/654.html, [consultado en julio de 2017].

Árbol genealógico. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rbol_geneal%C3%B3gico, [consultado en julio de 2017].

Hemofilia, Reina Victoria. (s.f.), [en línea], disponible en: <http://www.saludemia.com/-/enfermedad-hemofilia-de-interes-reina-victoria-portadora-hemofilia>, [consultado en julio de 2017].

Evolución humana. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Evolución_humana, [consultado en julio de 2017].

Introgresión. (s.f.), [en línea], disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Introgresión>, [consultado en julio de 2017].

Cromosoma Y. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Cromosoma_Y, [consultado en julio de 2017].

Adán cromosómico. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Adán_cromosomal-Y, [consultado en julio de 2017].

Eva mitocondrial. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Eva_mitocondrial, [consultado en julio de 2017].

Doblar la lengua y otros mitos genéticos. (s.f.), [en línea], disponible en: <https://supercurioso.com/doblar-la-lengua-y-otros-mitos-geneticos/>, [consultado en julio de 2017].

Barbilla partida. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Barbilla_partida, [consultado en julio de 2017].

Pico de viuda. (s.f.), [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Pico_de_viuda, [consultado en julio de 2017].

La herencia de las generaciones. (s.f.), [en línea], disponible en: <http://beayvirtu.blogspot.com.es/2010/12/lobulo-de-la-oreja.html>, [consultado en julio de 2017].

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en Academia

Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores



La microbiota de los móviles de mis compañeros de clase

/ TERCER PREMIO

AUTORA | LAURA LOSADA MIGUÉNS

COORDINADORA | MARÍA ROSARIO GARCÍA-ECHAVE LÓPEZ

CENTRO | IES ROSALÍA DE CASTRO

CIUDAD | SANTIAGO DE COMPOSTELA

RESUMEN |

Se analizaron los móviles de mis 20 compañeros de clase para determinar si presentaban contaminación microbiana y de qué tipo. La mayor parte de los móviles estaban contaminados por diferentes tipos de bacterias, y las más frecuentes fueron bacterias de la piel. No se encontró una diferencia significativa entre la contaminación de los móviles de chicas y chicos.

Palabras clave: Móviles, contaminación, microbiota de la piel, infecciones nosocomiales, patógeno, higiene de las manos.

ABSTRACT |

The mobiles of my 20 classmates were analyzed to determine if they had microbial contamination and subsequently classifying and determining the species of microorganisms we found. Most of the mobiles were contaminated by different types of bacteria, and the most frequent were skin bacteria. No significant difference was found between the contamination of girls 'and boys' mobiles.

Keywords: Phones, contamination, skin microbiota, nosocomial infection, pathogen, hand hygiene.



INTRODUCCIÓN

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:

1. BACTERIAS EN LOS MÓVILES

El uso de los teléfonos móviles supone que estos aparatos entren en contacto con partes de nuestro cuerpo muy contaminadas, como las manos, boca, nariz u orejas (Badr, 2012; Akinyemi *et al.*, 2009; Ulger *et al.*, 2009). Este contacto directo entre usuario y teléfono junto al hecho de que un mismo móvil puede ser utilizado por otras personas que no sean exclusivamente el usuario, provocan que estos utensilios sean reservas de microorganismos tanto inofensivos como potencialmente patógenos. (Al-Abdalall, 2015). Una vez que estos organismos han invadido el teléfono móvil la situación puede agravarse con la creación de un biofilm bacteriano pues éste va a favorecer la supervivencia y los microorganismos podrán permanecer en él desde minutos a meses (Hassan *et al.*, 2004). Esto supone un riesgo pues aquellas bacterias patógenas que se encuentren en los móviles pueden transmitir la enfermedad tiempo después de que se produjese la contaminación de la superficie (Tagoe, 2001).

2. IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS

“La identificación bacteriana se realiza por medio de métodos convencionales (...), se basan en las características observables de las bacterias, como su morfología, desarrollo, y propiedades bioquímicas y metabólicas” (Bou *et al.*, 2010). Por lo tanto, para poder determinar el tipo de bacteria, primero se deben examinar características microscópicas y luego realizar análisis bioquímicos y estudiar el metabolismo. Esta identificación básica se realizó utilizando algunas de las propuestas para la identificación bacteriana que se recogen en *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Breed *et al.* 1957) y se realizó a mayores espectrometría de masas para la identificación del microorganismo.

2.1. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DE LAS COLONIAS

a) **Morfología.** Consiste en la observación y determinación de las características visibles de las colonias.

2.2. CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE LOS MICROORGANISMOS

a) **Hemólisis.** Algunos tipos de microorganismos realizan hemólisis. La hemólisis es la rotura o desintegración de los corpúsculos celulares de sangre (especialmente de los eritrocitos), con la correspondiente liberación de la hemoglobina. Los microorganismos que tienen capacidad hemolítica se debe a que producen una enzima llamada hemolisina.

b) **Tinción de Gram.** La principal diferencia entre las bacterias Gram positivas y Gram negativas es la estructura de la pared. Las Gram positivas poseen una



membrana celular interna y una pared de peptidoglucano. Y las Gram negativas tienen una estructura de pared más compleja pues están formadas por una membrana celular interna, una pared de peptidoglucano y la bicapa lipídica externa. Esta tinción permite distinguir entre los dos tipos pues las Gram positivas se teñirán de morado y, las Gram negativas quedarán tintadas de un color rojizo o rosado al teñirlas con safranina.

c) **Método de Buck.** Esta prueba se fundamenta en el cambio de viscosidad de la potasa al añadir un inóculo del microorganismo en una gota de ésta. Si la densidad aumenta las bacterias serán Gram negativas mientras que si no se produce ninguna variación serán Gram positivas (Buck, 1982).

d) **Citocromo-oxidasa.** Esta prueba determina la presencia del citocromo C. El citocromo C oxida al NNN'N', tetrametil 1-4, fenilendiamina. Por lo tanto, en la prueba se utilizará este compuesto para detectar la presencia de los citocromos C en el microorganismo. Si la prueba da un resultado positivo debe oxidarse a azul oscuro.

e) **Catalasa.** La catalasa es una enzima que poseen la mayoría de las bacterias aerobias. La función de esta es descomponer el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. Si esta enzima está presente, la prueba de la catalasa será positiva y, por lo tanto, al verter unas gotas de H_2O_2 en el inóculo del microorganismo este realizará dicha reacción y se podrán observar las burbujas de oxígeno.

OBJETIVOS

Determinar la cantidad de microorganismos que se encuentran en los móviles de veinte estudiantes y su especie al igual que establecer una comparación entre la contaminación microbiana de los móviles de los chicos frente a los de las chicas.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Toda la experiencia se realizó sobre una lámina de vidrio que se desinfectó con etanol al finalizar cada uno de los pasos y lo más cerca posible de la llama de un mechero de gas. Esto tiene como objetivo evitar las posibles contaminaciones por bacterias o agentes externos en las muestras.

Se siguieron las normas de seguridad que nos indicó el Dr. Llovo, microbiólogo del CHUS, Complejo Hospitalario Universitario de Santiago y en todo momento se trabajó bajo la supervisión de la profesora. Utilizamos bata, guantes y mascarilla y todas las placas de cultivo utilizadas, así como el resto del material fue trasladado al hospital para ser incinerado. El cultivo de las placas se realizó a 32 °C.



PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

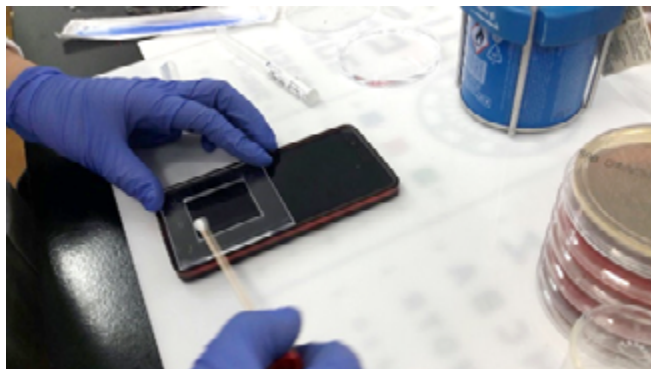
1. TOMA DE MUESTRAS

Debido al diferente tamaño de los teléfonos móviles, se decidió emplear unas plantillas de metacrilato de 4x4 cm (16 cm²) para así muestrear en todos los dispositivos la misma superficie. Se colocó la plantilla estéril en la zona del teclado, por ser esta la zona de mayor contacto con las manos.

Para realizar el muestreo se cogió 1 ml de suero salino estéril con la ayuda de una aguja estéril se llevó a un tubo y se vertió el restante en una placa Petri también en condiciones de esterilidad. Se pasó un hisopo previamente humedecido en la disolución salina por la superficie de muestreo, en sentido vertical, horizontal, oblicuo y por último en las esquinas (Ilustración 1). Se introdujo el hisopo en el tubo que contenía 1 ml de solución salina y lo agitamos enérgicamente. Luego se dejó reposar el hisopo durante 10 minutos para que cediese los microorganismos al medio.

Figura 01

Crecimiento bacteriano
Toma de muestras en el
móvil 3. Fuente propia.



2. CULTIVO DE LOS MICROORGANISMOS

Una vez pasados los diez minutos, se extrajeron 100 µl del suero con los microorganismos con la ayuda de una micropipeta. Se vertieron sobre una placa con el medio Columbia y con un asa de siembra se extendieron por toda la superficie cuadrante a cuadrante. Se repitieron estos mismos pasos con los medios Levine y Sabouraud. Todas las placas se incubaron en la estufa a 32 °C ± 1 °C durante 24 horas. Tras observarlas pasado un día se dejaron en la estufa otras 24 horas.

Se utilizó el medio Columbia (agar-sangre) que, debido a su riqueza, es adecuado para el crecimiento de todo tipo de microorganismos, el medio Levine (EMB) para bacterias fecales y el medio Sabouraud con cloranfenicol para levaduras puesto que el cloranfenicol impide el crecimiento bacteriano. Todos los medios fueron suministrados por la casa OXOID.



3. RECUENTO BACTERIANO

a) **Recuento total.** Se realizó un recuento del número total de unidades formadoras de colonias en cada una de las placas de cultivo. Dicho recuento se realizó a las 48 horas de incubación.

b) **Recuento parcial.** Basándose en las características morfológicas visibles y apreciables a simple vista, se estableció para cada placa el número de colonias diferentes que en ella había.

4. CULTIVOS PUROS

Los diferentes tipos de colonias observadas se aislaron para así obtener cultivos puros. Esto es necesario pues se necesita tener la suficiente biomasa para realizar las pruebas de caracterización fenotípica.

Para ello, con un asa de platino previamente esterilizada en el mechero Bunsen, se extrajeron unas colonias del microorganismo y luego se extendieron sobre medio Columbia. Estas placas se depositaron en la estufa con una temperatura adecuada para la reproducción y crecimiento de estos microorganismos a $32^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ (Ilustración 2).



Figura 02

Cultivos puros de 4 de los diferentes organismos identificados. Fuente propia.

5. PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA

Todas las pruebas se realizaron teniendo presente los resultados obtenidos anteriormente con un control positivo.

5.1 MORFOLOGÍA DE LAS COLONIAS

Mediante la observación de las colonias de bacterias a simple vista y con una lupa de 50 aumentos se determinaron las características morfológicas de las colonias diferentes de cada placa (Ilustración 3).



Figura 03

Resultado final de la tinción de Gram en los frotis de todos los cultivos puros.
Fuente propia.



5.2 CARÁCTER GRAM

a) **Tinción de Gram.** Con la ayuda de un asa de platino previamente esterilizada a la llama, se cogieron microorganismos y se disolvieron en una gota de suero salino depositada en un portaobjetos. Se secó el frotis con calor y se comenzó con el procedimiento propio de la tinción de Gram. Primero se cubrió la preparación con violeta de genciana y se dejó reposar durante un minuto para que se tiñesen todas las células. Se lavó con agua el exceso de colorante y se extendió por la muestra reactiva de Lugol, el cual, se dejó reposar también un minuto. Se lavó con agua el frotis y luego se decoloró con una disolución de alcohol y acetona hasta que ya no desprendía más colorante. Se lavó con agua la muestra y por último se cubrió con safranina durante un minuto. Se lavó con agua y se escurrió. A continuación, se procedió a la determinación del carácter de Gram de las bacterias al microscopio. Se distinguieron las Gram positivas porque quedaban teñidas de violeta mientras que las Gram negativas quedaban teñidas de un color rosado (Ilustración 3).

b) **Método de Buck.** Se preparó una disolución de hidróxido de potasio del 3% disolviendo 3 g del compuesto en 100 ml de agua. Se depositaron unas gotas de la disolución acuosa de hidróxido de potasio (KOH) sobre un portaobjetos y con un asa de siembra se cogió muestra del microorganismo y se depositó el inóculo en la disolución de potasa. Esto provocó un aumento de la viscosidad en el caso de ser bacterias Gram negativas, y por lo contrario en caso de que las bacterias fuesen Gram positivas no produjo variación alguna (Ilustración 4).

Figura 04

Determinación por el método de Buck del carácter de Gram de la muestra 4.1.
Fuente propia





5.3 ACTIVIDAD CITOCROMO-OXIDASA

Se preparó una disolución del 1% de N,n,n,n-tetrametil-p-fenilendiamina disolviendo 0,1 gramos de este compuesto orgánico en 10 ml de agua. En un trozo de papel de filtro se pusieron unas gotas de la disolución y con un asa bacteriológica se depositó el inóculo del microorganismo.

Aquellos microorganismos que dieron lugar a un compuesto oxidado de color violeta en 10 segundos o menos, fueron aquellos que poseían complejo citocromo-oxidasa.

5.4 ACTIVIDAD CATALASA

Sobre un portaobjetos se depositó una muestra del microorganismo y con una pipeta se vertieron unas gotas de peróxido de hidrógeno.

Aquellas muestras que instantáneamente comenzaron a producir burbujas son catalasa positiva (Ilustración 5).



Figura 05

Resultado positivo de la prueba de la catalasa en la muestra 4.1.
Fuente propia.

5.5 PROTEÓMICA

Esta parte del trabajo se realizó en el Complejo Hospitalario Universitario de Santiago (CHUS) en el Departamento de Microbiología.

Con un asa de siembra se cogió una muestra de cada uno de los microorganismos y se extendió en uno de los círculos de la placa para MALDI-TOF. Se dejó pasar dos minutos para que la muestra seca y se echó sobre cada muestra 1 μ l de matriz (α -cyano-4-hidroxy-cinnamic acid). A continuación, se llevó al espectrómetro MALDI-TOF.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

RECuento BACTERIANO

Después de 24 horas de incubación, se observaron los medios Levine y Sabouraud y no se encontró ningún tipo de crecimiento bacteriano en ninguna de



las placas. De la misma forma tras esperar 48 horas, se volvió a comprobar que los microorganismos no crecieron en ninguna de las placas de estos medios. Por eso no aparecen en los resultados. Asimismo, a las 24 horas de incubación se observan y se fotografían las placas Columbia. En la Ilustración 6 se observan las colonias de muestras de varios móviles a las 24 de horas de incubación.

A las 48 horas, se estableció para cada placa el número total de unidades formadoras de colonias que en ella había y según las características morfológicas de las colonias se estableció cuáles eran diferentes entre sí.

Figura 06

Placa de cultivo de la muestra tomada del móvil 10 a las 24 horas de incubación.
Fuente propia.



1. DIFERENCIAS ENTRE LA CONTAMINACIÓN DE LOS MÓVILES DE CHICAS Y CHICOS

Para comprobar si había diferencias significativas entre la contaminación de los móviles de los chicos y las chicas hicimos un test T de comparación de medias con el paquete informático MINITAB® 17. Observamos que el valor de p es muy superior al valor de $\alpha = 0,05$, y por lo tanto la diferencia no es significativa. Esto es a pesar de que la media de colonias encontradas en los móviles de los chicos era muy superior. Sin embargo, esto se debe a que eran solo dos de los móviles los que estaban muy contaminados, lo que se refleja en la elevadísima desviación típica de la media de colonias procedentes de los móviles de los chicos.

PRUEBAS DE DETERMINACIÓN FENOTÍPICA:

1. MORFOLOGÍA DE LAS COLONIAS

Mediante la observación se recogieron datos del color, forma, superficie, bordes y brillo de las colonias de microorganismos.

2. CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LOS MICROORGANISMOS Y SU IDENTIFICACIÓN

En la tabla 1, se muestran los resultados de las pruebas de caracterización microscópica y metabólica de los microorganismos encontrados. En esta tabla se identifican también a las bacterias pues se indica el resultado del estudio del proteoma de las bacterias encontradas que nos permitió determinar a qué especie pertenece.

Nº DE MUESTRA		CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LOS MICROORGANISMOS Y SU DETERMINACIÓN						
		GRAM (MÉTODO DE BUCK)	GRAM (TINCIÓN DE GRAM)	MORFOLOGÍA	CATALASA	CITOCROMO-OXIDASA	HIDRÓLISIS	BACTERIA
MÓVIL 1	1.1	+	+	Coco	+	-	Beta	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
	1.2	+	+	Coco	+	+	Gamma	<i>Staphylococcus hominis</i>
	1.3	+	+	Bacilo	+	-	Gamma	<i>Bacillus thuringiensis</i>
	1.4	-	-	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus capitis</i>
MÓVIL 2	2.1	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Micrococcus luteus</i>
	2.2	-	-	Bacilo	+	+	Gamma	<i>Brevundimonas diminuta</i>
MÓVIL 4	4.1	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Micrococcus luteus</i>
	4.2	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Micrococcus luteus</i>
	4.3	+	+	Coco	+	+	Gamma	<i>Kytococcus sedentarius</i>
	4.4	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
	4.5	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Micrococcus luteus</i>
	4.6	+	+	Bacilo	+	-	Gamma	<i>Corynebacterium</i>
	4.7	-	-	Bacilo	+	+	Alfa	<i>Cupriavidus necator</i>
	4.8	+	+	Bacilo	+	+	Gamma	<i>Lactobacillus</i>
	4.9	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus capitis</i>
	4.10	-	-	Coco	+	-	Beta	<i>Micrococcus luteus</i>
MÓVIL 5	5.1	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
	5.2	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus warneri</i>
	5.3	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
MÓVIL 8	8.1	+	+	Bacilo	+	+	Beta	<i>Lactobacillus spp.</i>
	8.2	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Kocuria rhizophila</i>
	8.3	+	+	Bacilo	-	-	Gamma	<i>Bacillus spp.</i>
MÓVIL 10	10.1	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus warneri</i>
	10.2	+	+	Coco	+	-	Beta	<i>Staphylococcus warneri</i>
MÓVIL 11	11.1	+	+	Coco	+	-	Beta	<i>Staphylococcus capitis</i>
	11.2	-	-	Bacilo	+	+	Alfa	<i>Pseudomonas stutzeri</i>
MÓVIL 12	12.1	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
	12.2	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Micrococcus luteus</i>
	12.3	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
MÓVIL 13	13.1	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus hominis</i>
MÓVIL 14	14.1	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus capitis</i>
MÓVIL 15	15.1	+	+	Coco	+	-	Beta	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
	15.2	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus simulans</i>
MÓVIL 17	17.1	+	+	Coco	+	-	Beta	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
	17.2	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Micrococcus luteus</i>
MÓVIL 19	19.1	+	+	Coco	+	-	Alfa	<i>Staphylococcus warneri</i>
	19.2	+	+	Coco	+	-	Beta	<i>Staphylococcus capitis</i>
MÓVIL 20	20.1	+	+	Coco	+	-	Gamma	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
	20.2	+	+	Bacilo	+	-	Gamma	<i>Bacillus spp.</i>

Tabla . Caracterización fenotípica de los organismos y su determinación.



DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Tras las experiencias realizadas y a la luz de los datos obtenidos se puede responder a la pregunta de investigación afirmando que en la mayoría de los 20 móviles muestreados se encontraron microorganismos, pues los hayamos en 14 de ellos. A excepción de los teléfonos 3, 6, 7, 9, 6 y 18 en los demás se hallaron bacterias. La cifra de móviles contaminados asciende al porcentaje del 70% lo que representa un elevado número de móviles que albergaban microorganismos.

No encontramos diferencias significativas entre la contaminación de los móviles de las chicas y de los chicos, aunque los móviles que presentaron el mayor número de bacterias pertenecían a chicos.

De la misma manera se comprobó que la contaminación microbiana de estos móviles tenía como causante diferentes tipos de bacterias y no otros organismos como levaduras.

Tras reconocer los diferentes organismos, y como era de esperar, se comprobó que la mayoría de ellos eran bacterias típicas de la microbiota de la piel como *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus warneri*, *Staphylococcus simulans*, *Staphylococcus capitis*, todos ellos *Staphylococcus coagulasa* negativos, los principales componentes de la microflora de la piel. Solo una de las bacterias, *Corynebacterium glucuronolyticum*, es considerada patógena y responsable muy común de prostatitis (Novo-Veleiro *et al.* 2013).

Los microorganismos comensales de la piel humana son inocuos, a los que incluso se les atribuye una acción probiótica previniendo la colonización de otras bacterias más patógenas como *Staphylococcus aureus*. Sin embargo, el protagonismo de este grupo de microorganismos como patógenos ha ido en aumento en los últimos años y se ha asociado al progreso de la tecnología médica. *Staphylococcus epidermidis* es una de las especies que con más frecuencia está involucrada en infecciones nosocomiales causadas por la introducción en el cuerpo humano de dispositivos médicos contaminados. Al tratarse de infecciones nosocomiales los microorganismos causantes tienen una alta resistencia a múltiples antibióticos, y su capacidad para formar biofilms multicelulares aumenta su patogenicidad porque la formación de esas capas los protege de los neutrófilos y de la penetración de los antibióticos. El mejor método de prevención de la transmisión de estas infecciones es el buen lavado de las manos (Otto, 2009).

BIBLIOGRAFÍA

- Akinyemi, K. O., Atapu, A. D., Adetona, O. O., & Coker, A. O. (2009), "The potential role of mobile phones in the spread of bacterial infections". *The Journal of Infection in Developing Countries*, 3 (08), pp. 628-632, p. 629.



- Al-Abdalall AHA. (2010), "Isolation and identification of microbes associated with mobile phones in Damman in eastern Saudi Arabia". *Journal of Family and Community Medicine*, 17 (1), pp.11-14, p.12.
- Badr, R. I., Ibrahim Badr, H., & Ali, N. M. (2012), "Mobile phones and nosocomial infections". *International Journal of Infection Control*, 8 (2).
- Bou, G., Fernández-Olmos, A., García, C., Sáez-Nieto, J. A., & Valdezate, S. (2011), "Métodos de identificación", *Enfermedades infecciosas y Microbiología Clínica*, 29 (8), pp. 601-608, p. 607.
- Breed, R. S. M., Smith, E. G. D., & Nathan, R. (1957), *Bergey's manual of determinative bacteriology*, Baltimore, The Willians and Wilkins Company, pp. 122-414, pp. 300-413.
- Buck, J. D. (1982), "Nonstaining (KOH) method for determination of gram reactions of marine bacteria". *Applied and Environmental Microbiology*, 44 (4), pp.992-993.
- Hassan, A. N., Birt, D. M., & Frank, J. F. (2004), "Behavior of *Listeria monocytogenes* in a *Pseudomonas putida* biofilm on a condensate-forming surface". *Journal of Food Protection®*, 67 (2), pp.322-327, p.326.
- Novo-Veleiro, I., Hernández-Cabrera, M., Canas-Hernández, F., Pisos-Álamo, E., Francés-Urmeneta, A., Delgado-Yagüe, M., Alvela Suárez, L. & Pérez-Arellano, J. L. (2013), "Paucisymptomatic infectious prostatitis as a cause of fever without an apparent origin. A series of 19 patients", *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 32 (2), pp.263-268, p. 265.
- Otto, M. (2009), "Staphylococcus epidermidis—the 'accidental' pathogen", *Nature Reviews Microbiology*, 7 (8), pp.555-567, p.560.
- Strachan, D. P. (1989), "Hay fever, hygiene, and household size". *BMJ: British Medical Journal*, 299 (6710), p.1259.
- Tagoe, D. N., Gyande, V. K., & Ansah, E. O. (2011), "Bacterial contamination of mobile phones: When your mobile phone could transmit more than just a call". *Webmed Central Microbiology*, 2 (10).
- Ulger, F., Esen, S., Dilek, A., Yanik, K., Gunaydin, M., & Leblebicioglu, H. (2009), "Are we aware how contaminated our mobile phones with nosocomial pathogens". *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials. Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 8 (31) p.7.
-

LINKS:

[El artículo completo se puede encontrar en Academia](#)

[Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores](#)



Ciclo del agua y vida en las cuevas marcianas con estudios de la biodiversidad críptica en río Tinto

/ TERCER PREMIO

AUTORES | AZUCENA MUÑOZ RODRÍGUEZ Y ANTONIO CAMACHO FÉLIX

COORDINADOR | JOSÉ LUIS OLMO RÍSQUEZ

CENTRO | IES AZUER

CIUDAD | MANZANARES

RESUMEN |

Con la finalidad de buscar vida en las cuevas de Marte, hemos realizado un estudio sobre la biodiversidad críptica que podemos encontrar en río Tinto, un análogo terrestre marciano único en el mundo. Por otra parte, las cuevas marcianas son lugares ideales para una futura colonización de Marte. Por ello, se ha realizado una maqueta con diversos módulos, siendo el más relevante el referente al ciclo de agua.

Palabras clave: Marte, cuevas, biodiversidad críptica, ciclo de agua, río Tinto.

ABSTRACT |

With the aim of searching for life in caves of Mars, we carried out a study on the cryptic biodiversity that we can find in the river Tinto, a Martian analogue on Earth, unique in the world. On the other hand, the Martian caves are ideal places for a future colonization of Mars. Therefore, a model has been made with different modules, with the most relevant being the module related to the water cycle.

Keywords: Mars, caves, cryptic biodiversity, water cycle, river Tinto.



INTRODUCCIÓN

Una de las preguntas más importantes que la Humanidad se hace es si hay vida fuera de la Tierra y el lugar más próximo para contestar a esta pregunta se encuentra en Marte, que comparte con la Tierra muchas características: la duración de los días, la presencia de atmósfera o el carácter estacional de los polos. Con las misiones *Mariners* y *Vikings* se han obtenidos muchos datos y uno de los más importantes, descubrir agua en Marte y que en el pasado las condiciones ambientales eran aptas para la vida. Esto ha animado a que se mandasen nuevas misiones como la del *Opportunity* o la del *Curiosity* con el fin de averiguar si realmente hay vida en Marte o en el pasado la hubo.

Río Tinto se caracteriza por ser un río muy ácido y con una altísima concentración de metales pesados en disolución. Se pensaba que era un río estéril, pero se ha podido demostrar que tiene un origen natural y lo más sorprendente de todo, que a pesar de ser unas aguas muy ricas en azufre, metales pesados (hierro, zinc, arsénico, cobre) y con un pH cercano a dos, en todo el curso de río ha encontrado multitud de vida microscópica (Amils, *et al.* 2004; Amils, 2015).

Los organismos que viven en condiciones tan adversas y extremas se denominan extremófilos. El descubrimiento de estos organismos en ambientes en los que se pensaba que era inviable la vida, ha permitido ampliar la posibilidad de existencia de vida en otros planetas y satélites del Sistema Solar que presentan condiciones tan extremas (Marte, Europa o Titán) (Amils, *et al.* 2014).

Además, en río Tinto, surge una nueva paradoja: siempre se había pensado que los organismos mayoritarios en los ambientes extremos eran procariotas (bacterias y arqueas) frente a los eucariotas. Sin embargo, en el río Tinto, se ha identificado una gran diversidad de organismos eucariotas y que en ocasiones representan el 65% de total de la biomasa (Aguilera, 2013).

El río Tinto, por tanto, presenta una rica biodiversidad críptica, también llamada “escondida” u “oculta”, formada por todos aquellos organismos que debido a su pequeño tamaño (menores de 2 mm) son invisibles al ojo humano. Además, dentro de la biodiversidad críptica se incluyen las especies microscópicas inactivas o enquistadas. Este tipo de diversidad críptica se conoce como “banco de semillas”, ya que estos microorganismos enquistados o presentes en bajo número se encuentran “en espera” de las condiciones adecuadas para su crecimiento (Esteban, G. *et al.* 2011). Estos microorganismos constituyen la base de la mayoría de las cadenas tróficas y juegan un papel fundamental en el funcionamiento de todos los ecosistemas. A su vez, son los responsables de la rápida respuesta ante los cambios que ocurren en el ambiente.

Contamos con antecedentes que ponen en duda y en serio problema el futuro de la tierra como: el efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono, el agotamiento de los recursos energéticos del planeta, sin mencionar una des-



trucción de nosotros mismos. Por ello, importantes agencias espaciales como la NASA o la ESA ya se encuentran estudiando ésta posibilidad, para lo cual de entre las distintas opciones que se están estudiando una de ellas es la realización de una búsqueda en el espacio de planetas que tuvieran los componentes para la vida de la especie humana como son el oxígeno y en especial el agua. Tanto en el presente como en el pasado. Y entre las distintas opciones que se están planteando, una de las que tiene mayor peso, por su localización y conocimiento de los que ya se dispone gracias a las sondas espaciales enviadas en los últimos años como el Curiosity, entre otras muchas.

Por lo que el primer objetivo ha sido conocer, describir, identificar e investigar la biodiversidad críptica presente en río Tinto con el fin de comprender la versatilidad de la vida en la Tierra, su capacidad de adaptación, cómo pudo surgir la vida, cómo fueron los primeros seres vivos y la vida en sus orígenes, así como la exploración de la posible existencia de vida en Marte al comparar las analogías existentes entre río Tinto y los últimos descubrimientos realizados por Curiosity y otras sondas en Marte. El segundo objetivo es localizar todas las fuentes necesarias para la existencia de vida, como es el agua o el oxígeno. Y dada la relevancia que tiene el agua para la supervivencia de los seres vivos, estudiar la posibilidad de que se pudiera replicar en Marte un ciclo del agua similar al existente en la Tierra. El tercero sería demostrar que en la Tierra existen análogos de Marte en los cuales se han encontrados microorganismos capacitados para adaptarse a un entorno como el de Marte. También demostrar que existen posibles localizaciones que podrían aislarnos de peligros como las radiaciones. Y por último, aunque no menos importante, intentar aprovechar los elementos naturales para generar energías renovables para abastecimiento energético.

Pudimos tener el honor de hablar con cuatro expertos, en sus respectivas áreas de estudio, que muy amablemente accedieron a mantener una entrevista con nosotros, a través de la plataforma SKYPE. A todos ellos, queremos agradecerles nuevamente la valiosa ayuda que nos brindaron. Estos cuatro expertos son los siguientes: Dr. Santiago Pérez Hoyos (UPV), Dr. Francesco Sauro (Instructor ESA), Dr. Francisco González Galindo (IAA) y Dr. Jesús Martínez Frías.

ANÁLISIS DE MUESTRAS DEL AGUA Y BIODIVERSIDAD DEL RÍO TINTO

La observación de las muestras para la identificación de los diversos microorganismos se ha realizado con los microscopios ópticos y siempre con material vivo, ya que no se han realizado ningún tipo de tinciones o impregnaciones. El procedimiento ha sido el siguiente: (1) con la pipeta Pasteur se toma una pequeña cantidad del agua extraída de los tubos que contenían las muestras; (2) una gota o dos de la muestra se vertían sobre un portaobjetos al que posteriormente colocamos encima un cubre objetos; (3) las muestra en vivo eran ahora observadas al microscopio; (4) los alumnos se iban turnado para la utilización del microscopio que tenía la cámara de video y desde el ordenador portátil se han ido grabando las diversos especies de microorganismos encontrados.



Se han estudiado 17 muestras. La mayoría no presentaban microorganismos eucariotas, por tratarse de muestras de rocas o sedimentos sin agua. Las mejores muestras han sido las recogidas simultáneamente con agua y sedimento. En concreto tres han sido las muestras con mayor número de especies e individuos.

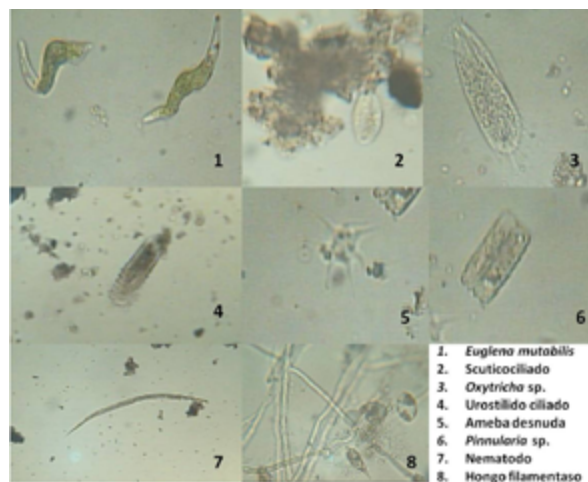
Se ha identificado un total de 8 microorganismos diferentes, la mayoría de ellos pertenecientes al grupo de los protocistas. En muy pocas ocasiones hemos podido identificarlas a nivel de especie, en la mayoría de los casos hemos podido llegar hasta la categoría género y en otras ocasiones, únicamente al nivel de filum o tipo. La principal razón es que son necesarias diversas técnicas de impregnación o tinción para la correcta identificación de las especies y en el caso particular de las bacterias es necesario emplear todo un conjunto de técnicas bioquímicas y genéticas que se encuentran fuera de nuestro alcance. Además, ciertos grupos de organismos presentan una gran complejidad taxonómica que requiere de expertos en dichos grupos, como ha sido en nuestro caso con los hongos, diatomeas y nematodos.

Se han grabado un total de 30 vídeos con una duración variable de 10 segundos hasta 4 minutos. De total de vídeos grabados se han seleccionado 12 por su valor y representatividad.

Se ha realizado una descripción de cada una de las especies y grupos de microorganismos hasta ahora identificados. En la descripción de cada especie se dan detalles de su tamaño, su morfología, haciendo especial mención aquellos detalles más característicos o relevantes que nos permitan identificar el género o la especie, su alimentación y su hábitat. Además, hemos realizado un comentario sobre el vídeo del microorganismo filmado y hemos indicado en qué muestra fue encontrado. Los microorganismos y especies descritas han sido los ocho siguientes (Figura nº1):

Figura 01

Organismos identificados en las muestras analizadas del río Tinto.





Las especies identificadas en nuestras muestras son similares a las encontradas por otros investigadores y además, hemos encontrado dos especies más de ciliados, una de ellas perteneciente al grupo de los escuticociliados y otra al grupo de los hipotricos urotilidos, que previamente no habían sido citadas y que muy probablemente pueden ser nuevas para la ciencia. También, ha sido citado por primera vez un nematodo en Río Tinto.

Estos resultados ponen de manifiesto que la rica biodiversidad encontrada en río Tinto, puede ser ampliada y nuevamente nos muestra cómo los microorganismos eucariotas son capaces de adaptarse más rápidamente de lo pensado a los ambientes extremos como son los de bajo pH del río Tinto. Encontrar organismos que sean capaces de sobrevivir en un ambiente tan peculiar como río Tinto, avala la posibilidad de encontrar vida en Marte. La alta concentración de hierro, el bajo pH y el entorno general, lo hacen análogo a lo que Marte podría haber sido hace miles de millones de años, cuando la vida pudo haber surgido en Marte y en la Tierra.

En un remoto pasado pudo haber ocurrido lo que hoy sucede en el río Tinto y determinados microorganismos pudieron haber desarrollado mecanismos que les capacitara para sobrevivir en ambientes tan extremos como los del río Tinto. Es posible que exista vida debajo de la superficie de Marte, como lo demuestran los nuevos descubrimientos de organismos quimiolitotrófos encontrados en el interior de las minas de río Tinto. Además, el descubrimiento de fósiles moleculares muy antiguos en ambientes similares a los actuales de río Tinto, también, es posible su descubrimiento en Marte.

Además, río Tinto es un lugar ideal para probar las tecnologías necesarias para perforar en el subsuelo de Marte con el fin de localizar zonas de contacto entre minerales y agua que pueden ser ricas en actividad microbiológica, como ocurre en río Tinto.

En conclusión, río Tinto presenta una rica diversidad microscópica eucariota en la que hemos incluido tres especies más a la lista de especies identificadas hasta el momento, algunas de ellas pueden ser nuevas. Nuestros resultados, también avalan la idea que para los microorganismos eucariotas es mucho más fácil adaptarse a las condiciones extremas de lo que pensábamos.

Los estudios de los análogos terrestres nos permiten evaluar la posibilidad de existencia de vida en condiciones marcianas. Río Tinto es un excelente candidato al presentar numerosas analogías geoquímicas y mineralógicas con Marte. Por tanto, río Tinto puede ser un extraordinario laboratorio del origen y evolución de la vida en la Tierra y en Marte, ambos comparten muchas analogías, la más llamativa el color rojo que les confiere el hierro y tal vez compartan una vida tan singular como la que presenta el río Tinto.



POSIBLE CICLO DEL AGUA

Con los resultados hemos hecho semejanzas con el agua e intentado localizar agua en Marte, que se encuentra, en la atmósfera en estado gaseoso, en los casquetes polares en estado sólido y podría ser que en el fondo de algunos cráteres la hubiese líquida debido a que al quedar aislada de la temperatura superficial, tardaría más en evaporarse.

Partiendo de los cambios de temperatura observados en Marte, puede que en las cuevas no sea tan extremo, las capas superficiales de ese hielo subterráneo puede evaporar directamente (sublimación) sin pasar por su estado líquido, e ir depositándose de nuevo en la capa más superficial de ese hielo (sublimación inversa) en forma de escarcha, para después volverse sólida si la temperatura baja, o líquida si la temperatura le es favorable (fusión).

Partiendo de ésta realidad física, si colocamos cerca de ese hielo, unos paneles, estos estarán muy fríos, tanto por la cercanía al hielo así como por las bajas temperaturas, y conseguiremos, primero de manera natural el proceso anterior y si pensamos en suministrar algo de calor a ese proceso, aceleraríamos el resultado.

Sería preparar unos paneles para conseguir esa escarcha, que estuvieran cerca del hielo, con recogedores de agua líquida como base, hacer una cámara de aire y volver a poner paneles, para que sea más fácil el paso de escarcha a gotitas de agua y que éstas resbalasen hasta el recogedor, que mantenido a la temperatura correcta no se volviese a congelar y conseguir así la ansiada agua, que tratada podría valer para cubrir las necesidades biológicas de las primeras colonias.

CUEVAS MARCIANAS

Respecto a las cuevas de Marte, los científicos de la NASA que estudian las imágenes de la Mars Odyssey descubrieron una serie de siete cuevas situadas en las laderas del volcán Arsia Mons. Posteriores investigaciones sugieren que estos orificios no son necesariamente tubos de lava, pudiendo ser “claraboyas” de quevedades mayores.

Las cuevas que se pueden observar son de gran amplitud, valiendo para instalar unas primeras colonias. De hecho, durante los meses de Febrero y Marzo de 2017, la Agencia Espacial Europea ESA ha estado estudiando las cuevas de origen volcánico de Lanzarote (Islas Canarias-España), y realizando trabajos de espeleología en ellas, dentro del denominado programa PANGEA-CAVES, que se centra en la preparación de los astronautas de dicha agencia. Lo que hace suponer, que al menos puedan tener entre sus próximos objetivos para futuras misiones a Marte el estudio del interior de esas cuevas marcianas.

Y la conocimos de primera mano del instructor de la ESA, el Dr. Francesco Sauro, que se encontraba en Lanzarote junto a otros astronautas como el español Pedro Duque, y del Dr. Jesús Martínez-Frías, igualmente instructor de la ESA.



Con las ideas sacadas tras hablar con los distintos expertos y documentarnos, en artículos, webs o blogs, como los de la NASA, ESA o el IAA, comenzamos a trabajar la idea de cómo podría estar diseñada una primera colonia con base de asentamiento en el interior de las cuevas, que ya se sabe que existen en Marte.

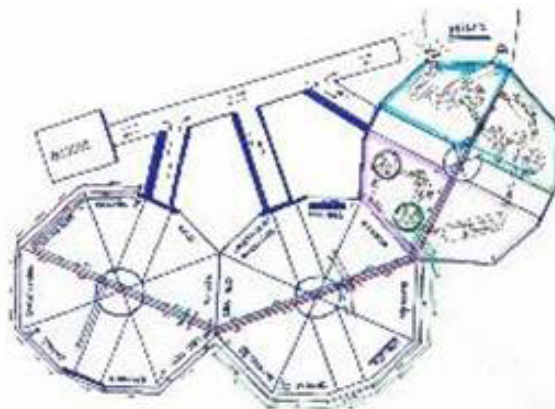
MAQUETA Y DISEÑO DE UNA PRIMERA COLONIA

Teniendo en cuenta que el tamaño de la población de esa primera colonia sería reducido, de igual modo lo sería el espacio necesario para la creación de una primera BIOSFERA CERRADA, en la cual pensamos que sería bueno tener en cuenta los distintos módulos o secciones:

- **A nivel de superficie:** Se debería ubicar un ascensor que comunicase con el interior de la cueva, donde se encontrase la colonia.
- **En el interior de la cueva:** Tendríamos una serie de módulos comunicados por pasillos, entre ellos y con el ascensor de subida a la superficie.
 - **Módulo 1:** De viviendas y laboratorios, con una zona de ocio.
 - **Módulo 2:** De laboratorio, invernadero y granja, que además se podría utilizar como módulo central en que se ubicarían los equipos de calefacción y despresurización de todo el conjunto de la biosfera cerrada, y del cual saldrían una serie de canalizaciones para controlar la presión y temperatura del resto de módulos. Este módulo sería de gran importancia para la expansión de la biosfera hasta el punto de que se pudiera conseguir una biosfera abierta en el planeta. El oxígeno generado por las plantas permitiría alargar el periodo de estancia en la biosfera cerrada.
 - **Módulo 3:** Sería el encargado de la gestión del agua, y a su vez estaría ubicado próximo a una zona en la que se hubiera encontrado un depósito de hielo o agua líquida. Desde aquí se gestionaría tanto la distribución de las aguas de consumo, fría y caliente, a los demás módulos, como la gestión y aprovechamiento de las aguas residuales, y su posible utilización para el riego.

Figura 02

Diseño de los módulos de la maqueta de la primera colonia en Marte.





TEORÍA MÁS VIABLE SOBRE UNA POSIBLE COLONIZACIÓN DE MARTE

La ubicación primeras colonias sería la región *Deuteronilus Mensae* en el hemisferio norte del Planeta rojo puede ser el lugar adecuado para la primera expedición de humanos ya que contiene grandes yacimientos de hielo de agua.

Como recursos energéticos se ha evaluado positivamente la utilización de plantas con colectores solares, que serían suficientes para mantener una pequeña base marciana de 30x30 metros cuadrados y aproximadamente una masa de 1.000 kilogramos. Asimismo, la abundancia de CO₂ también permitiría conseguir, mediante su manufacturación in situ, combustibles para cohetes, compuestos orgánicos de distintos tipos, polímeros y otros productos y como alternativa se podrían utilizar aquellos minerales existentes allí que tuviesen un mayor valor energético. Teniendo la precaución de hacer una utilización razonable de este recurso ya que lo que se busca es el uso de energías renovables.

Intentar hacer más largas las aspas de los molinos para conseguir la energía de los fuertes vientos de Marte que con la presión baja tienen menos fuerza, problema que alargando las aspas se subsanaría, y además deberían estar ligeramente perforadas, lo suficiente como para evitar las acumulaciones de grandes cantidades de polvo, otro de los grandes retos ya que la cantidad de polvo en suspensión es relativamente elevada.

Para acceder al espacio a la velocidad que se puede lanzar actualmente una nave espacial, un viaje tripulado desde la Tierra hasta Marte de ida y vuelta en las mejores condiciones de distancia y gravedad se estima que llevaría entre unos 400 y 450 días terrestres. En la superficie de Marte se usarían vehículos tipo Rover, con una tracción similar a la que presentan los tanques militares, que les permitiera adaptarse a las irregularidades del terreno.

En el interior de las cuevas, sería mejor un robot con piernas y brazos para poder explorar las cuevas ya que el robot tiene capacidad de movimiento de caer y levantarse. Respecto a la comunicación se utilizaría una red de satélites artificiales, los principales puestos en órbita desde la Tierra.

Tendríamos que hacer un soporte vital con una atmósfera respirable para crear una biosfera cerrada que se ubicaría en el interior de las cuevas de Marte para protegerse de la radiación.

Y necesaria y no menos importante el agua, que en un primer momento sería intentar derretir el hielo, y tratarla para el consumo y así obtener alimentos tras conseguir agua tratada que también valdría para riego. Sería cuestión de llevarse semillas para poder hacer la primera plantación, y ya hay al menos cinco cultivos que crecen en condiciones extremas como en los minerales de Marte.



Pensamos que una vez se hubiera conseguido modificar el planeta, mediante un proceso denominado terraformación, el siguiente paso sería pasar de una biosfera cerrada a una abierta.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, A. (2013), "Eukaryotic Organisms in Extreme Acidic Environments, the Río Tinto Case". *Life*, 3, pp. 363-374, p. 366.
- Amils, R. (2015), "Río Tinto, un ambiente ácido extremo de interés astrobiológico". *Zoe*, 5, pp. 32-47, p. 36.
- Amils, R., Fernández-Remolar, D. and IPBSL Team. (2014), "Río Tinto: A Geochemical and Mineralogical Terrestrial Analogue of Mars", *Life*, 4, pp 511-534, p. 526.
- Amils, R. Gómez, F., González-Toril, E., Aguilera, A., Rodríguez, N. and Fernández-Remolar, D. (2004), "Extremofilia Astrobiología: El caso del río Tinto". *Boletín SEA*. 12, pp.19-26, p. 22.
- Esteban, F. G., Finlay, B. J., Guerra, F., Jiménez-Gómez, F., Parra. G., Gallotti, A. and Olmo, J. L. (2011), "Biodiversidad críptica". *Actualidad SEM*. 51, pp. 27-30, p. 27.
- Finlay, B. J., Rogerson, A. and Cowling, A.J. (1998), *A beginner's guide to the Collection, Isolation, Cultivation and Identification of Freshwater Protozoa*. Freshwater Biological Association, Ambleside, pp. 1-77.
-

LINKS:

- [El artículo completo se puede encontrar en Academia](#)
[Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores](#)



Efecto de los nitratos y los nitritos en los organismos acuáticos. Estudio del organismo modelo *Daphnia magna*

/ ACCESIT

AUTORES | JULIA VIVÓ BARRAZZA, MARÍA MORATAL ALEMANY Y ALBERTO ADELANTADO CALVO

COORDINADORA | LILIANA CANO GARCÍA

CENTRO | CENTRO EDUCATIVO GENÇANA

CIUDAD | GODELLA

RESUMEN |

En este proyecto se utilizó *Daphnia magna* como organismos modelo para evaluar el efecto de los nitratos y nitritos en este organismo, determinando su toxicidad sobre los crustáceos mediante un test de toxicidad aguda. Los nitratos no afectaron a la supervivencia de *D. magna* pero los nitritos sí mostraron un (LC50) a una concentración de 280 mg/L. Posteriormente, se expuso la *D. magna* a agua de dos puntos del río Turia, valorando si esta agua tenía concentraciones altas de nitritos. En este test ninguna *D. magna* murió, indicando bajas concentraciones de nitritos en estas aguas.

Palabras clave: *Daphnia magna*, nitratos, nitritos, toxicidad, organismos modelo.

ABSTRACT |

In the present project, we use *Daphnia magna* as organism model to assess the effect of nitrates and nitrites on these organisms. First, we determined the effect of nitrates and nitrites on these crustaceans by means tests of acute toxicity. Nitrates did not affect the survival of *D. magna*. However, nitrites affected the survival of *D. magna*, dying the 50% of the individuals (LC50) at 280 mg/L. Second, we exposed *D. magna* to water from two points of the river Turia, in order to observe if this water have high concentration of nitrites. In this test, any individual of *D. magna* died, indicating low concentration of nitrites in these waters.

Keywords: *Daphnia magna*, nitrates, nitrites, toxicity, organism model.



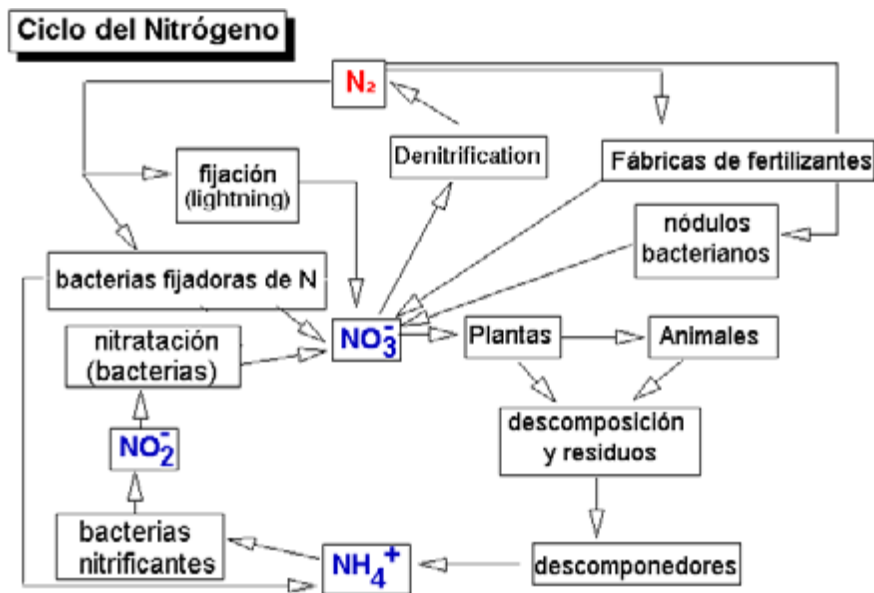
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTE

La contaminación es una de las principales amenazas al medioambiente a escala global. Los sistemas acuáticos están expuestos a una gran diversidad de contaminantes, entre los que destacan los compuestos formados por nitrógeno inorgánico (nitrato, nitrito y amonio). Una de las mayores fuentes de este tipo de compuestos es el uso frecuente de fertilizantes ricos en nitrógeno, que pueden acabar incrementando la concentración de nitrógeno en las aguas continentales, ocasionando un gran impacto en la calidad ecológica del agua (Pieterse, Bleuten y Jorgensen, 2003).

En el medio acuático, las formas iónicas más comunes del nitrógeno inorgánico son amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-). Estas sustancias pueden estar presentes de manera natural por deposición de la atmósfera, por erosión de la superficie, por bacterias que fijan los nitratos o por la degradación de materia orgánica (Gleick, 1993; Wetzel, 2001; Rabalais, 2002; Fig. 1). Sin embargo, el amonio que es utilizado como fertilizante, también puede ser arrastrado por el agua desde campos de cultivo hacia ríos, lagos o charcas (Pérez Gago *et al.*, 2001). Este amonio es oxidado y transformado en nitrito (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-), gracias a las bacterias nitrificantes autótrofas (por ejemplo, *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*).

Figura 01

Ciclo del nitrógeno
(<http://www.biologia.edu.ar/plantas/cicloge.htm>).





Elevadas concentraciones de nitrógeno en aguas continentales disminuyen la calidad del agua, generando floraciones de algas nocivas, hipoxia (falta de oxígeno) y el incremento de iones hidronio en el medio acuático (aumento de pH). Además, el consumo de aguas con concentraciones altas de nitrógeno puede dañar la salud humana, sobre todo en niños, causando metahemoglobinemia (los glóbulos rojos no liberan bien el oxígeno a los tejidos). La ingesta de nitritos y nitratos también juega un papel importante en el desarrollo de cáncer en el tracto digestivo, debido a la formación de nitrosaminas (Camargo y Alonso, 2006).

Para controlar los niveles de estos compuestos en los sistemas acuáticos, se han desarrollado diferentes metodologías para detectarlos. Por un lado, la concentración de estos compuestos puede ser medida puntualmente por métodos químicos. Las concentraciones de estos compuestos pueden variar a lo largo del tiempo, experimentando concentraciones elevadas puntualmente. En este caso, los métodos químicos podrían no detectarlo si no se mide en ese momento. Por eso, es interesante analizar los organismos acuáticos que allí viven, ya que los efectos de concentraciones de contaminantes pasadas pueden hacer desaparecer ciertos organismos que no son tolerantes a estos compuestos. En este contexto, se han realizado diferentes estudios toxicológicos para testar los efectos de las concentraciones de estas sustancias sobre distintos organismos modelo (Camargo y Alonso, 2006).

La *Daphnia magna* es una cladóceros (un microcrustáceo del plánton) que ha sido usado como organismo modelo en estudios toxicológicos. Este organismo es un pequeño crustáceo que habita lagos y lagunas, alimentándose de algas microscópicas, sirviendo a su vez de alimento para los peces. Su periodo de vida suele durar de 3 a 4 semanas y tiene una alta fecundidad por la que se puede reproducir cada 48 horas. Se reproducen siguiendo dos modos de reproducción diferentes: una asexual (partenogénesis) y otra sexual. En la reproducción asexual las hembras producen hembras que son clones (iguales genéticamente). Bajo ciertas circunstancias de estrés, las hembras producen machos que pueden fecundar a las hembras (mezcla genética). Estas hembras producen huevos de resistencia, los cuales pueden aguantar este período de estrés (por ejemplo, período seco de una charca) y eclosionar en momentos más propicios (cuando se vuelve a inundar la charca).

Existen numerosos estudios donde se han utilizado *D. magna* u otros cladóceros para medir la toxicidad de diversos agentes contaminantes (Dodson y Hanazato, 1995). Dao *et al.* (2017) determinaron la toxicidad de ciertos metales pesados como el cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni) en el río Mekong observando que la especie *Daphnia lumholtzi* muestra mayor sensibilidad a bajas concentraciones de estos metales que otras especies del género *Daphnia*. La toxicidad de diferentes concentraciones de pesticidas fenitrotión en *D. magna* también fueron objeto de estudio en el ecosistema del Maioka River (Japón), testando el efecto crónico y toxicidad total en aguas del propio río (Sakai, 2001). Neves *et al.* (2015) analizaron el efecto del s-metolaclor, una herbicida amplia-



mente utilizado en cultivos de maíz en todo el mundo, sobre la mortalidad (LC50) en *Daphnia longispina*. En la última década, *D. magna* se utilizó como modelo acuático para investigar los efectos de las nanopartículas y agentes de recubrimiento. En ensayos de nanotoxicología realizados por Adam *et al.* (2014) y Lovern (2006), se obtuvieron datos de la longevidad y toxicidad de estas sustancias. Además, el género *Daphnia* ha sido utilizado en numerosos estudios para analizar los efectos y modos de acción de gran variedad de agentes farmacológicos (Jorgensen y Halling-Sorensen, 2000).

Concretamente en *D. magna*, Camargo *et al.* (2005) estudió el efecto de contaminantes formados por nitrógeno inorgánico en la supervivencia y reproducción de esta especie. Ren, Zeng y Zhang, (2014) analizaron los efectos del amonio en la especie *D. magna* determinando la toxicidad aguda a 70 mg/L y que una mayor concentración de amoníaco afectaba las necesidades de hábitat de *D. magna*. El efecto de los nitratos a diversas temperaturas y concentraciones sobre la reproducción y sobrevivencia de *D. magna* fue estudiado por Maceda-Veiga *et al.* (2015), demostrando una reducción del tamaño corporal, tasas de filtración y fecundidad. Scott and Crunkilton (2000) investigaron la influencia de nitratos en la supervivencia de los neonatos de *D. magna* observando que la población se reducía a la mitad (LC50) a las 48 horas utilizando una concentración de 462 mg/L de nitratos. Estos resultados fueron confirmados por Lyu *et al.* (2013) al estudiar la supervivencia y la reproducción de las especies *Daphnia similis* y *Daphnia magna* en un gradiente de nitrito durante 21 días determinando además que la supervivencia de ambas especies disminuye al aumentar la concentración de nitritos en el medio. No obstante, el uso de *D. magna* como organismo modelo requiere conocer con precisión la concentración letal de nitratos y nitritos en esta especie.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es determinar la concentración letal de nitritos y nitratos sobre la especie *D. magna* para poder utilizarla como indicador de altas concentraciones de nitratos. En concreto, el trabajo consta del desarrollo de dos objetivos específicos:

1. Determinar la concentración letal de nitrato (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) en *D. magna*, mediante agua preparada a distintas concentraciones en el laboratorio.
2. Estudiar la contaminación por nitritos en el agua del río Turia mediante el uso del organismo modelo *D. magna*.

MATERIALES Y MÉTODOS

CULTIVO Y CRECIMIENTO DE *DAPHNIA MAGNA*

Para el cultivo y crecimiento de *D. magna* se emplearon 7 recipientes estériles donde se vertieron 100 mL de agua descalcificada inoculándose en cada



uno de ellos una hembra de *D. magna*. Diariamente se realizaban recuentos de neonatos y se agitaban los recipientes para oxigenar el medio. Transcurridos 7 días, el contenido de cada uno de los recipientes se vierte en otro recipiente de 1L de capacidad donde se almacena el cultivo stock hasta su inoculación en el sistema modelo.

SISTEMA MODELO

Para producir este sistema modelo se utilizó una pecera con unas dimensiones de 60 x 28 x 35 cm donde se vertieron 4L de agua descalcificada. Posteriormente, se inoculó el cultivo *stock* hasta alcanzar un volumen final de 5L. Una vez preparado el sistema modelo se establecen las siguientes condiciones de estudio: suministro de 1h de oxígeno diario, reposición de agua descalcificada una vez por semana, exposición al sol durante 9h diarias con una temperatura de 20-23 °C. Finalmente, el medio es suplementado mensualmente con caldo de acelgas como fuente de alimentación.

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL DE NITRATO (NO₃⁻) Y NITRITOS (NO₂⁻) EN *DAPHNIA MAGNA*

Se prepararon 6 disoluciones de 300, 600, 800, 1200, 2400 y 4800 mg/L respectivamente utilizando sal nitrato (NaNO₃) y agua procedente del sistema modelo. Estas disoluciones se realizaron por triplicado preparando además, una muestra control con el mismo volumen de agua del sistema modelo pero sin añadir nitratos. Posteriormente, 10 individuos de *D. magna* fueron inoculados en cada uno de las preparaciones utilizando un volumen final de 1L y realizando recuentos de población a las 24 h y 48 h. Para determinar la concentración en la que la mitad de la población está afectada por el compuesto químico (LC50), se calculó la proporción de población capaz de sobrevivir en cada una de las diferentes concentraciones estudiadas a lo largo del tiempo.

Para establecer la concentración letal de nitritos (LC50) se siguió el mismo procedimiento que en el ensayo de nitratos pero empleando unas concentraciones de 20, 40, 80, 160, 200, 280, 360 mg/L nitritos.

USO DEL ORGANISMO MODELO *DAPHNIA MAGNA* EN AGUA DEL RÍO TURIA.

Se recogieron 10 L de agua del río Turia en Losa del Obispo y en Villamar-chante, respectivamente. Estas muestras, fueron filtradas y conservadas a 4°C en recipientes de plástico estériles hasta su utilización en los ensayos de toxicidad. Para cada uno de los puntos de muestreo, se prepararon 3 recipientes estériles con 100 mL del agua muestreada donde se inocularon 10 individuos de *D. magna*. Finalmente, se realizaron recuentos de organismos vivos y muertos a las 24h y 48h.



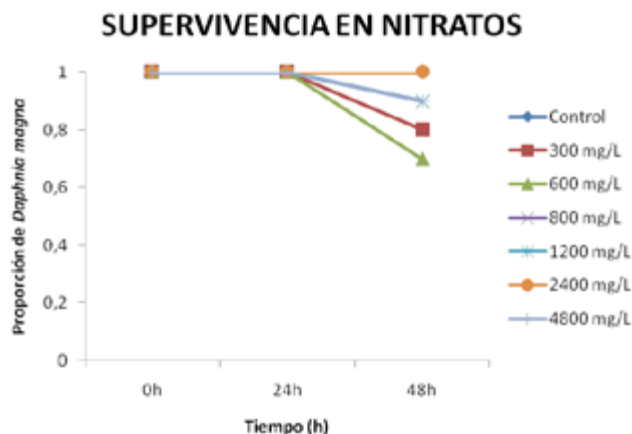
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura inferior se muestra la supervivencia (en proporción) de *D. magna* en presencia de diferentes concentraciones de nitratos. Ninguna de las concentraciones de nitratos estudiados tiene efecto sobre la supervivencia de la *D. magna* a las 24h. Sin embargo, transcurridas 48h la supervivencia de *D. magna* se ve ligeramente afectada mostrando una supervivencia mínima de 0,7 para una concentración de nitratos de 600 mg/L. La supervivencia de 0,8 se alcanza empleando concentraciones de 300 y 800 mg/L de nitratos mientras que con 1.200 mg/L de nitratos la supervivencia de la *D. magna* es 0,9. Finalmente, la población de *D. magna* no se vio afectada ni en la muestra control ni en la muestra con 2.400 mg/L.

Estos resultados podrían estar relacionados con una alta tolerancia por parte de la *D. magna* a los nitratos debido a unas adaptaciones específicas durante su ciclo vital en el sistema modelo. En estudios previos se han obtenido resultados similares demostrando la existencia de clones capaces de sobrevivir en un hábitat que presenta altas concentraciones de este compuesto en comparación con otros individuos de la misma especie (Ponti *et al.*, 2010). No obstante, existe la posibilidad de que en el agua del sistema modelo se hubieran desarrollado bacterias o microorganismos capaces de fijar los nitratos inhibiendo el efecto negativo sobre *D. magna*.

Figura 02

Supervivencia (en proporción) de *D. magna* en presencia de diferentes concentraciones de nitrato.



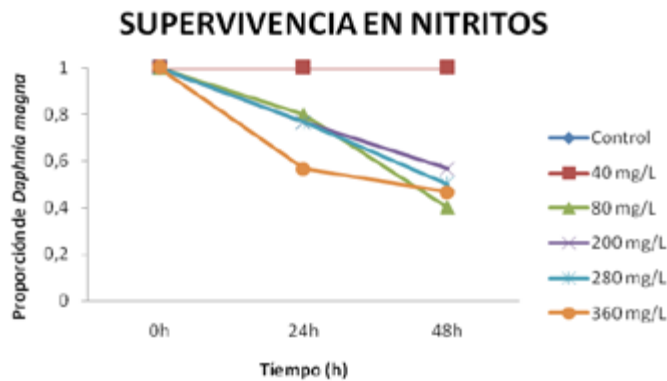
Por el contrario, los ensayos de toxicidad con nitritos sí mostraron efectos en la supervivencia de *D. magna* a las 24h y 48h. Así, en esta figura se puede observar como a las 24h la supervivencia de *D. magna* disminuyó notablemente respecto al control siendo este descenso más acusado en la concentración más alta del estudio (360 mg/L de nitritos) con una supervivencia de 0,6. Para concentraciones de 80, 200 y 280 mg/L la supervivencia a los 24h fue de 0,8 y mientras que para la concentración más baja (40 mg/L de nitritos) la supervivencia no se vio afectada. A las 48h la supervivencia de *D. magna* experimentó un descenso



drástico en todas las concentraciones estudiadas excepto para la muestra que contenía 40 mg/L que permaneció con una población constante de 10 individuos (proporción de 1). En el resto de muestras la supervivencia se mostró comprendida entre 0,4 y 0,6.

Figura 03

Supervivencia (en proporción) de *D. magna* en presencia de diferentes concentraciones de nitritos.

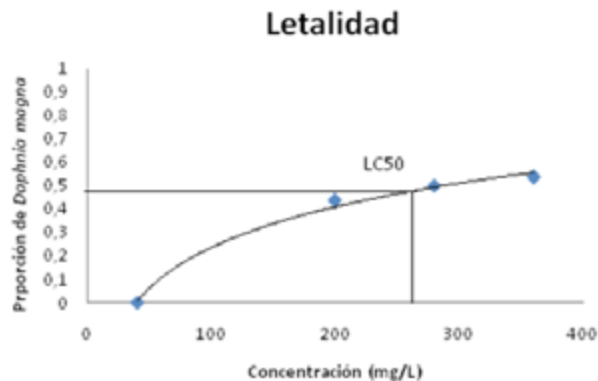


Estos resultados demuestran una relación directa entre la supervivencia de *D. magna* y la concentración de nitritos en el medio por la que a mayores concentraciones de nitritos menor proporción de supervivencia del organismo modelo.

Siguiendo esta línea de investigación se estudió la letalidad de diferentes concentraciones en *D. magna*. La representación de los datos obtenidos describen una curva exponencial típica de las gráficas de letalidad ante un compuesto químico donde la letalidad aumenta con el incremento de la concentración de nitritos en el medio. Estos resultados confirman los estudios realizados por Hannas *et al.* (2010), donde se demostró que los nitritos son significativamente más tóxicos que los nitratos. Esto se debe a que su elevada toxicidad afecta principalmente a la etapa reproductiva y primeros estadios de desarrollo de neonatos de *D. magna*.

Figura 04

Letalidad de las diferentes concentraciones de nitritos en *D. magna*.





No obstante, los resultados obtenidos en este estudio presentan concentraciones de toxicidad más elevadas que en otros trabajos. Así, Lyu *et al.* (2013) estableció niveles de toxicidad para *D. magna* de 3,9 mg/L de nitritos (48 h LC50) frente a las concentraciones presente en este estudio de 80, 200, 280, y 360 mg/L. Este hecho sugiere que la tolerancia de *D. magna* a los nitritos se debe a la diferencia específica entre clones. En el hábitat acuático natural, la comunidad de cladóceros está compuesta de muchos géneros y especies diferentes que reaccionan de forma distinta ante situaciones de estrés como la presencia de nitritos en el medio. En estas situaciones las especies más sensibles disminuyen mientras que los más tolerantes se establecen como dominantes (Lyu *et al.* 2013).

Por último, los recuentos realizados en el estudio de la contaminación por nitritos en el agua del río Turia reveló la existencia de una baja concentración de estos compuestos. La supervivencia de la especie *D. magna* no se vio afectada en el ensayo obteniéndose recuentos de población muy similares para la muestra control (agua del sistema modelo) y las distintas preparaciones de agua del río.

CONCLUSIONES

En conclusión, la especie *D. magna* puede considerarse un organismo modelo de gran utilidad para estudios toxicológicos que permitan estudiar cambios en el gradiente de concentración de nitritos, facilitando el análisis cualitativo de las aguas continentales. Además, se ha podido demostrar que la presencia de nitratos en concentraciones inferiores a los 4.800 mg/L en el medio no tiene efectos sobre esta especie confirmando los resultados obtenidos por otros autores (Russo, 1985; Camargo *et al.* 2005). Sin embargo, no ocurre lo mismo en el caso de los nitritos donde se pudo determinar la existencia de una concentración letal del 50% (LC50) de 280 mg/L para *D. magna*. Finalmente, el diseño de un sistema modelo fácil de producir y económico garantiza una población adecuada para el estudio de contaminación. No obstante, sería necesario un estudio más exhaustivo de la especie *D. magna* para poder valorar su uso como organismo modelo ante otros contaminantes como la presencia de metales pesados y nanopartículas.

AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Úrsula Sánchez, por proponer la idea inicial de este proyecto, a Carlos Agustí por introducirnos en la bioestadística y la ecología, y concienciarnos de nuestro entorno. A Salvador Villanova, Licenciado en Química, a Alfredo Molina, Licenciado en Biología y a Coral Ejarque, graduada en Ciencias Ambientales y especialista en calidad y gestión de riesgos ambientales y laborales, por explicarnos los conceptos más complejos. Al investigador doctor Andreu Castillo Escrivà del Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva (ICBiBE) por su coordinación en el desarrollo científico del proyecto. Por último, al departamento de Ciencias del Centro Educativo Gençana, en especial a las doctoras Liliana Cano y Meike Engelbrecht.



BIBLIOGRAFÍA

- Adam, N., Schmitt, C., Galceran, J., Companys, E., Vakurov, A., Wallace, R., Knapen, D., y Blust, R. (2014), "The chronic toxicity of ZnO nanoparticles and ZnCl₂ to *Daphnia magna* and the use of different methods to assess nanoparticle aggregation and dissolution". *Nanotoxicology*, 8(7), pp. 709-717.
- Camargo, J. A., Alonso, A., y Salamanca, A. (2005), "Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates". *Chemosphere*, 58(9), pp. 1.255-1.267.
- Camargo, J. A., y Alonso, A. (2006), "Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment". *Environment International*, 32, pp. 831-849.
- Dao, T. S., Le, V. N., Bui, B. T., Dinh, K. V., Wiegand, C., Nguyen, T. S., y Vo, T. G. (2017), "Sensitivity of a tropical micro-crustacean (*Daphnia lumholtzi*) to trace metals tested in natural water of the Mekong River". *Science of the Total Environment*, 574, pp. 1360-1370.
- Dodson, S. I., y Hanazato, T. (1995), "Commentary on effects of anthropogenic and natural organic chemicals on development, swimming behavior, and reproduction of *Daphnia*, a key member of aquatic ecosystems". *Environmental Health Perspectives*, 103 (Suppl 4), pp. 7-11.
- Gil Olcina, A., Amorós, R., y Manuel, A. (2007), "El problema del agua en la Comunidad Valenciana". *Valencia*, Fundación de la Comunidad Valenciana Agua y Progreso.
- Gleick, P. H. (1993), *Water in crisis: a guide to the worlds fresh water resources*. New York: Oxford University Press.
- Hannas, B. R., Das, P. C., Li, H., y LeBlanc, G. A. (2010), "Intracellular conversion of environmental nitrate and nitrite to nitric oxide with resulting developmental toxicity to the crustacean *Daphnia magna*". *PloS one*, 5(8), p. 2.453.
- Jorgensen, S. E., y Halling-Sorensen, B. (2000), "Drugs in the environment". *Chemosphere* 40, pp. 691-699.
- Lovern, S. B., y Klaper, R. (2006), "*Daphnia magna* mortality when exposed to titanium dioxide and fullerene (C60) nanoparticles". *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(4), pp. 1132-1137.
- Lyu, K., Wang, Q., Chen, R., Lu, Q., y Yang, Z. (2013), "Inter-specific differences in survival and reproduction of cladocerans to nitrite gradient and the ecological implications". *Biochemical Systematics and Ecology*, 48, pp.151-156.



- Maceda-Veiga, A., Webster, G., Canals, O., Salvadó, H., Weightman, A. J., y Cable, J. (2015), "Chronic effects of temperature and nitrate pollution on *Daphnia magna*: Is this cladoceran suitable for widespread use as a tertiary treatment?" *Water Research*, 83, pp.141-152.
- Neves, M., Castro, B. B., Vidal, T., Vieira, R., Marques, J. C., Coutinho, J. A. P., y Gonçalves, A. M. M. (2015), "Biochemical and populational responses of an aquatic bioindicator species, *Daphnia longispina*, to a commercial formulation of a herbicide (Primextra® Gold TZ) and its active ingredient (S-metolachlor)". *Ecological Indicators*, pp. 53, 220-230.
- Pérez Gago, M., Ballesteros Navarro, B., García Menéndez, O., Grima Olmedo, J., y López Gutiérrez, J. (2001), "Contenido en nitratos de las aguas subterráneas en la plana de Valencia. situación actual, evolución temporal y repercusión sobre la albufera". *Investigación, Gestión y Recuperación de Acuíferos Contaminados*, pp. 119-129.
- Pieterse, N. M., Bleuten, W., y Jorgensen S. E. (2003), "Contribution of point sources and diffuse sources to nitrogen and phosphorus loads in lowland river tributaries". *Journal of Hydrology*, 271 (1), pp. 213-225.
- Ponti, B., Piscia, R., Bettinetti, R., y Manca, M. (2010), "Long-term adaptation of *Daphnia* to toxic environment in Lake Orta: the effects of short-term exposure to copper and acidification". *Journal of Limnology*, 69(2), pp. 217-224.
- Rabalais, N. N. (2002), "Nitrogen in aquatic ecosystems". *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31 (2), pp. 102-112.
- Ren, Z., Zeng, Y., y Zhang, G. (2014), "The ammonia effects to the habitat requirements and adaptability of *Daphnia magna*". *Desalination and Water Treatment*, 52(13-15), pp. 2.695-2.699.
- Russo RC. (1985), "Ammonia, nitrite and nitrate". Rand GM, Petrocelli SR, editors. *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. Washington DC: Hemisphere Publishing Corporationm, pp. 455-71.
- Sakai, M. (2001), "Chronic toxicity tests with *Daphnia magna* for examination of river water quality". *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 36(1), pp. 67-74.
- Scott, G., y Crunkilton, R. L. (2000), "Acute and chronic toxicity of nitrate to fathead minnows (*Pimephales promelas*), *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia magna*". *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(12), pp. 2.918-2.922.
- Wetzel, R.G., 2001, *Limnology*, 3rd ed. New York: Academic Press.



Efecto de la restricción de metionina en el proceso de envejecimiento

/ ACCESIT

AUTORA | NIKITA DEINEGA

COORDINADORA | MERCÈ DEL BARRIO ARRANZ

CENTRO | IES GUINDÀVOLS

CIUDAD | LLEIDA

RESUMEN |

Desde los orígenes, la humanidad ha estado preguntándose porque envejecemos y si existe alguna manera de evitarlo. Diferentes modelos animales han sido estudiados y han dado lugar a diversas teorías sobre el envejecimiento. El principal objetivo de estas investigaciones es modular el proceso de envejecimiento y se ha demostrado cómo las restricciones nutricionales retrasan los efectos y las enfermedades relacionadas con el envejecimiento. Los efectos de la restricción calórica han sido los más estudiados y se ha demostrado que gran parte de ellos se consiguen también con una restricción proteica o incluso sólo con una restricción de metionina. El mecanismo por el cual estas intervenciones aumentan la esperanza de vida sigue siendo desconocido aunque hay diversas vías que están implicadas o afectadas como es el caso del metabolismo energético o las vías de señalización de mTOR y del factor de crecimiento insulínico de tipo I. Asimismo, y acorde con la teoría de los radicales libres, una restricción en metionina repercute en una disminución del daño generado por estrés oxidativo

Palabras clave: Envejecimiento, restricción nutricional, metionina, mTOR, estrés oxidativo.

ABSTRACT |

From the beginning, humankind has been wondering why we aged and if there was any way to avoid it. Several animal models have been studied and several theories have been postulated about the process of aging. The main goal of these studies has been to modulate the process of aging and it has been demonstrated how nutritional interventions are able to delay the effects of aging and the development of age-related diseases. Caloric restriction (CR) has been widely studied, as well as protein restriction; moreover, just methionine restriction has been proven to achieve almost the same effects as CR. The mechanism by which these interventions increase life expectancy still remains unknown, although several metabolic pathways are involved or affected such as mTOR and insulin-like growth factor (IGF)-I signalling pathways. Likewise, and in concordance with the free radical theory, methionine restriction can be translated in a decrease in oxidative damage

Keywords: Aging, dietary restriction, methionine, mTOR, oxidative stress.



INTRODUCCIÓN

Definir el envejecimiento es muy difícil, sobre todo por la gran cantidad de procesos que participan en él. El envejecimiento puede ser explicado como la acumulación progresiva de cambios en el tiempo que reducen la capacidad del individuo para enfrentarse al estrés, disminuyendo así sus probabilidades de supervivencia (Harman, 1980).

Por otra parte, Bernard Strehler (Strehler, 1962) definió el envejecimiento siguiendo cuatro reglas:

1. El envejecimiento es universal, ya que afecta a todos los individuos de todas las especies, sobre todo los multicelulares.
2. El envejecimiento es intrínseco o endógeno. Esta característica determina que las causas de este proceso están asociadas a factores internos, como pueden ser los mismos genes, y no el ambiente. De hecho, este planteamiento fue verificado, dado que aislar al individuo de cualquier fuente de daño exterior no impedirá el avance del envejecimiento.
3. El envejecimiento es progresivo: todos los efectos que produce el envejecimiento no aparecen de forma instantánea, si no que se van produciendo de manera progresiva y continua.
4. El envejecimiento es deletéreo, es decir, produce efectos perjudiciales en los individuos.

Hay innumerables teorías del envejecimiento, que pueden ser estocásticas (“aleatorias”) o no estocásticas (muerte programada). Dentro del primer grupo se encuentra la “Teoría mitocondrial del envejecimiento mediante radicales”, la cual es la más aceptada de todas por la comunidad científica.

TEORÍA MITOCONDRIAL DE LOS RADICALES LIBRES

Esta teoría fue postulada por Denham Harman a mediados del siglo XX, cuando se descubrió que los radicales libres de oxígeno, que se consideraba que eran muy dañinos y tóxicos para las estructuras biológicas, se formaban dentro de los organismos como respuesta a radiaciones, intoxicaciones por oxígeno o, sencillamente, durante la respiración mitocondrial, es decir, el metabolismo normal de las células (Harman, 1956). Estas moléculas generan daño y estrés oxidativo, hecho que conduce, finalmente, al daño tisular y al envejecimiento (Caro Martín, 2010). Por otra parte, en 1969, McCord y Fridovich descubrieron la enzima antioxidante superóxido dismutasa (SOD), y con ello se postuló la existencia de un sistema antioxidante que controlaba la producción de radicales libres. El proceso envejecimiento se planteó como una consecuencia de la desregulación entre la producción de radicales libres y sistemas antioxidantes. La mitocondria en este escenario adapta un papel principal, ya que es el principal lugar de generación de radicales libres dentro de la célula a través de la



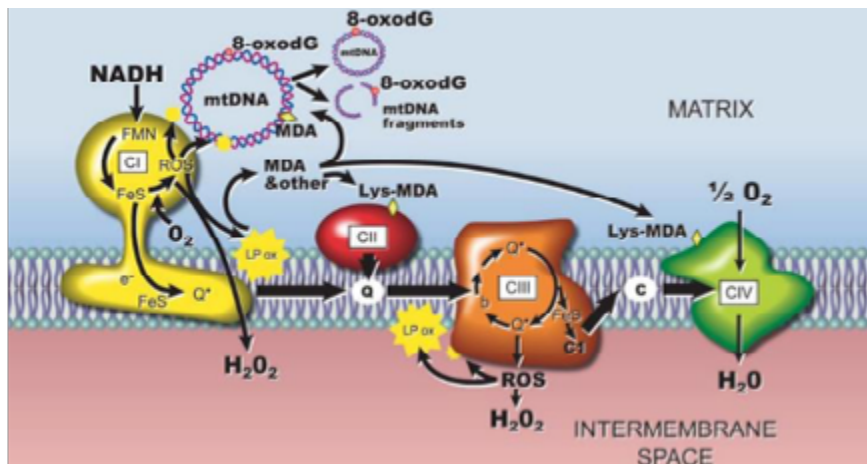
respiración celular y sus principales dianas (Harman, 1972). El aumento del daño oxidativo generado por un aumento en los radicales libres desemboca en una cascada de oxidación que afectaba tanto a componentes lipídicos de membrana, proteínas y otras macromoléculas desembocando en el avance del proceso de envejecimiento y el desarrollo de enfermedades relacionadas con el mismo (Bokov *et al.*, 2004).

De hecho, la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS, del inglés Reactive Oxygen Species) ocurre continuamente a lo largo de la vida de los organismos en una tasa específica de cada especie, independientemente de la tasa de consumo de oxígeno mitocondrial; siendo los complejos I y III de la cadena de transporte de electrones los responsables de la generación de ROS (Barja & Herrero, 1998). Diversos mecanismos fisiológicos influyen la tasa de generación de ROS mitocondriales, incluyendo: la concentración relativa de complejos respiratorios, el grado de reducción electrónica de estos generadores, las proteínas desacopladas, el contenido de cardiolipina y algunas modificaciones químicas específicas. Los radicales libres de oxígeno atacan lípidos, glúcidos, proteínas y DNA. Los productos de la peroxidación lipídica son moléculas altamente reactivas que pueden causar daño lipooxidativo al DNA mismo, así como a las proteínas mitocondriales adyacentes (Figura 1) (Hulbert *et al.*, 2007).

Dillin y colaboradores, en 2002, demuestran que la manipulación genética de la expresión de diversos componentes de la cadena de transporte de electrones y la fosforilación oxidativa prolongaban la vida de los organismos pese a deteriorar la función mitocondrial (Dillin *et al.*, 2002).

Figura 01

Diagrama esquemático de los procesos mitocondriales que son importantes en el envejecimiento.



La figura nos muestra que los complejos I y III son los principales generadores de radicales libres. Diversos mecanismos fisiológicos influyen la tasa de generación de ROS mitocondriales, que incluyen: la concentración relativa de complejos respiratorios, el grado de reducción electrónica de estos generadores, las proteínas desacopladas o conocidas por las siglas UCP, el contenido de cardiolipina y algunas modificaciones químicas específicas. Los radicales de oxígeno atacan lípidos, glúcidos, proteínas y DNA. Los productos de la peroxidación lipídica son moléculas altamente reactivas que pueden causar daño lipooxidativo al DNA mismo, así como a las proteínas mitocondriales adyacentes (Hulbert *et al.*, 2007).



Por lo tanto, el balance entre la generación de radicales libres y antioxidantes es clave en el proceso de envejecimiento, especialmente a nivel mitocondrial, y este proceso de envejecimiento puede ser modulado manipulando componentes clave de la cadena de transporte de electrones.

LAS RESTRICCIONES DIETÉTICAS

Las restricciones nutricionales han surgido como unas de las intervenciones más exitosas en la modulación del proceso de envejecimiento y la aparición de las enfermedades asociadas a la edad. Existen diversos tipos de restricciones nutricionales: calórica, proteica, glucídica, lipídica, entre muchas otras. Los primeros estudios que fueron realizados en éste ámbito fueron los de Clive McCay y Mary Crowell, que aplicaron restricciones calóricas a ratas y ratones. Estudios más recientes con monos Rhesus consiguieron prevenir la obesidad, la causa de la mejora del metabolismo, y se retardó la aparición de la sarcopenia, la presbiacusia y la atrofia del cerebro mediante una restricción calórica (Colman *et al.*, 2014). De acuerdo con esto, a nivel general se han realizado una gran cantidad de estudios con restricción calórica en muchos organismos modelo, y se ha reportado una reducción de la acumulación de moléculas oxidadas, ya sean DNA, proteínas o lípidos, lo cual se traduce en una reducción del daño oxidativo (Sanz *et al.*, 2005). Otros de los efectos remarcables incluyen: reducción de la aterogénesis, activación de AMPK, el regulador del balance energético celular por excelencia, reducción de la señalización de mTOR, reducción de la señalización de IGF-1, a través del eje GH/IGF-1, e inducción de la sirtuina 1, que regula el metabolismo energético y es clave en el envejecimiento, así como las otras proteínas de la familia.

Las restricciones glucídicas y lipídicas no generaron efectos significativos en el proceso del envejecimiento.

A diferencia de las anteriores restricciones, la restricción proteica sí que mostró unos resultados destacables, siendo capaz de incrementar la longevidad de ratas y ratones en casi la misma medida que la restricción calórica. Sanz y colaboradores, en 2004, demostraron que una restricción proteica del 40% es capaz de disminuir la generación de ROS, específicamente en el complejo I, y el daño oxidativo al DNA en roedores (Sanz *et al.*, 2004). Estos resultados fueron similares a los obtenidos en restricciones calóricas, fenómeno que sugiere que las proteínas juegan un papel clave en el envejecimiento y en la generación de ROS. De hecho, a la luz de la evidencia actual, se ha determinado que la restricción proteica puede ser responsable de un 50% de los efectos longevos de una restricción calórica (Pamplona & Barja, 2006).

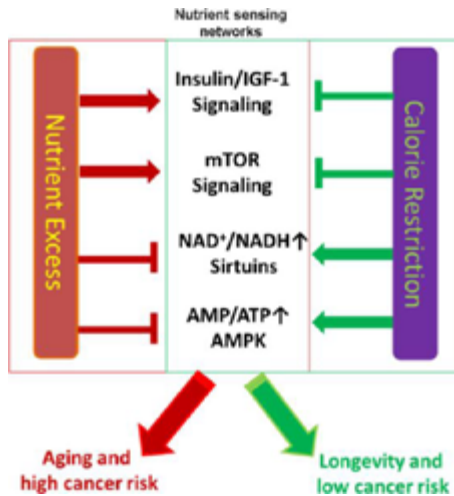
De manera más específica, la restricción de metionina descende la producción mitocondrial de ROS y la fuga de radicales libres en hígado, cerebro y riñón de rata, además de disminuir la cantidad de complejos I y III de la cadena respi-



ratoria (Caro Martín, 2010). En relación con esto, se determinó una reducción en la producción de ROS en los complejos I y III en hígado de rata, pero también en corazón, y únicamente en el complejo I (Sanz *et al.*, 2006). Asimismo, una restricción de metionina de 6-7 semanas en roedores tiene la capacidad de reducir la producción de ROS y el daño oxidativo al DNA y al mtDNA (DNA mitocondrial), medrados con los niveles de 8-oxo-7,8-dihidro-2'-desoxiguanosina (8-oxodG) en el DNA mitocondrial y nuclear, pero sólo en hígado de rata (Gredilla *et al.*, 2001). También cabe destacar que se han realizado restricciones con varios aminoácidos distintos, pero solo la metionina y el triptófano incrementaron la longevidad, y la metionina además mostró unos resultados mucho más consistentes. No obstante, estas intervenciones nutricionales necesitan ciertas condiciones para obtener sus efectos positivos, dado que, por ejemplo, una restricción de metionina, combinada con una ingesta elevada de aminoácidos, no tuvo efectos significativos en el envejecimiento (Lee *et al.*, 2016).

Figura 02

Efecto de las condiciones de exceso de nutrientes y de restricción calórica en la longevidad y el riesgo de cáncer mediante vías de señalización de detección de nutrientes.



El exceso de nutrientes activa las vías de insulina/IGF-1 y mTOR, promoviendo el envejecimiento e incrementando el riesgo de cáncer, mientras que la restricción calórica induce una activación de las vías de AMPK y las sirtuinas, promoviendo la longevidad y reduciendo el riesgo de cáncer (Yokoyama *et al.*, 2015).

Por lo tanto, las restricciones calóricas o proteicas, especialmente de metionina, tienen un claro efecto a nivel de producción de ROS mitocondrial y, por lo tanto en los niveles de daño oxidativo.

¿POR QUÉ LA METIONINA?

La metionina es uno de los veinte aminoácidos esenciales, es hidrofóbico y actúa como un donador de grupos metilo. Asimismo, contiene azufre, igual que la cisteína, y esta puede ser una de las razones por las que su restricción produce



un efecto que se conoce como reprogramación metabólica, hecho que puede desembocar en una disminución del daño oxidativo; en otras palabras, la metionina es muy susceptible a la oxidación, concretamente su grupo tiol.

Además, la oxidación de residuos de metionina genera sulfóxidos de metionina en las proteínas, lo que desemboca en una pérdida de la función de la proteína de la que forma parte. Paralelamente, en su metabolismo confluyen componentes como la S-adenosilmetionina, que también actúa como un donador de grupos metilo, y la homocisteína.

Poco a poco, los mecanismos efectores de las restricciones dietéticas, incluyendo la de metionina, han ido asociándose a la vía de señalización de mTOR, que es sensible a cambios metabólicos.

INTRODUCCIÓN A LA VÍA DE mTOR

La mTOR (diana de rapamicina en células de mamífero) es un componente de la vía de supervivencia celular de la fosfoinositol-3-quinasa (PI3K), que controla la disponibilidad nutricional, los niveles energéticos celulares y parte del metabolismo mitocondrial. Debido a esto, constituye un importante factor en procesos que afectan al crecimiento y la proliferación celulares. Puede existir en dos complejos diferentes: mTORC1 y mTORC2 (ver Figura 3). Concretamente, el mTORC1 participa en la síntesis proteica, la autofagia y en procesos regulados por el metabolismo mitocondrial, entre los cuales podemos encontrar

Figura 03

Esquema de la vía de señalización de mTOR.

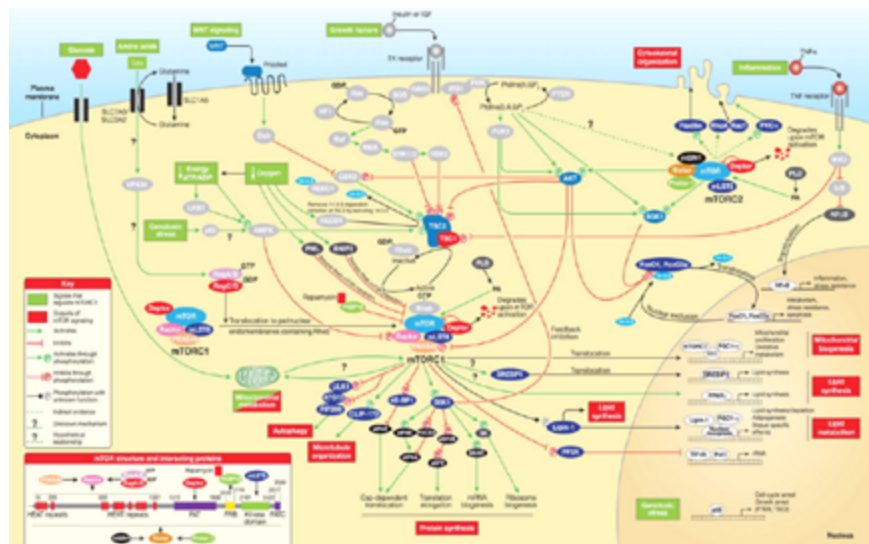


Figura 3. Esquema de la vía de señalización de mTOR. Se puede observar la gran complejidad de la vía, que interviene en una infinidad de procesos celulares, sobretodo en la síntesis proteica y en la autofagia, pero también en síntesis lipídica, el metabolismo mitocondrial, la supervivencia celular y la inflamación (Laplante & Sabatini, 2009).



el metabolismo lipídico. Por otra parte, el mTORC2 regula procesos como el transporte de iones o la función del citoesqueleto, que promueven la supervivencia celular, y no responde a cambios nutricionales, al menos no a uno que no limite la ingesta calórica (Guertin & Sabatini, 2007).

Curiosamente, se ha determinado que inhibiendo la síntesis proteica o la señalización de mTOR puede tener un efecto positivo en el envejecimiento (Hands *et al.*, 2009). En relación con esto, la autofagia no solo constituye un proceso de reciclaje celular, sino que también desarrolla una función clave en el control del envejecimiento y el metabolismo energético. Además, se ha detectado que durante una restricción calórica y el envejecimiento normal de los individuos el proceso autofágico, a través de mTOR, se ve incrementado (Wohlgemuth *et al.*, 2007).

Por lo tanto, la función de mTOR, ya sea como causa o consecuencia, se ve afectada durante el proceso de envejecimiento, así como en aquellos procesos celulares en los cuales participa; y esta vía de señalización, junto con los procesos celulares que controla, también se ve afectada en las restricciones nutricionales.

CONCLUSIÓN

La investigación con las restricciones nutricionales y el envejecimiento ya empezó en el siglo pasado, y ya hay una gran cantidad de conocimiento acerca de sus efectos y las vías metabólicas implicadas. Como ya describió Harman, la base del envejecimiento está en los radicales libres, las mitocondrias y el estrés oxidativo, pero ahora se sabe que también participan otros ámbitos metabólicos importantes.

Las restricciones nutricionales han demostrado ejercer un efecto positivo en el proceso de envejecimiento y conseguir una reducción en los niveles de estrés oxidativo, lo cual podría ser la clave del aumento que provocan en la esperanza de vida y la longevidad de los organismos. Sin embargo, es necesario definir qué otras vías se encuentran afectadas y entender las consecuencias de su participación, haciendo especial referencia a la vía de mTOR, muy sensible a cambios nutricionales, incluyendo aminoácidos. De hecho, actualmente está siendo estudiada con detenimiento, y se están proponiendo muchos fármacos que actuarían en contra del envejecimiento, o que servirían como una cura frente a enfermedades relacionadas con la edad. Además, se están intentando localizar factores imitadores de los efectos de las restricciones nutricionales, que hipotéticamente podrían ofrecer todos los efectos positivos de las mismas pero sin tener que realizarlas.

Finalmente, la restricción de metionina es una intervención muy prometedora, teniendo en cuenta que la restricción de un solo aminoácido, sin variación calórica, afecta significativamente la producción de radicales libres y la modulación de las vías de señalización anteriores, en especial la de mTOR. Sin duda algu-



na, existe un abanico prácticamente infinito de posibles vías de investigación en éste ámbito, y surgen preguntas como: ¿Qué otras vías se ven afectadas por las intervenciones nutricionales y el envejecimiento? ¿Es una restricción nutricional capaz de revertir el proceso de envejecimiento? ¿Existe alguna proteína o lípido clave en la modulación del proceso de envejecimiento por las intervenciones nutricionales? ¿Sería posible la obtención de un fármaco que nos permita modular el envejecimiento?

BIBLIOGRAFÍA

- Barja, Gustavo & Herrero, A. (1998), "Localization at complex I and mechanism of the higher free radical production of brain nonsynaptic mitochondria in the short-lived rat than in the longevous pigeon", *Journal of bioenergetics and biomembranes*, 30 (3), pp. 235–243.
- Bokov, Alex, Chaudhuri, Asish & Richardson, Arlan, (2004), "The role of oxidative damage and stress in aging", *Mechanisms of ageing and development*, 125 (10-11), pp. 811–826.
- Caro Martín, Pilar, (2010), "*Restricción de metionina y de dieta en relación con el estrés oxidativo en mamíferos de laboratorio*".
- Colman, Ricki J. *et al.*, (2014), "Caloric restriction reduces age-related and all-cause mortality in rhesus monkeys", *Nature Communications*, 5, p. 3.557.
- Dillin, A. *et al.*, (2002), "Rates of behavior and aging specified by mitochondrial function during development", *Science*, 298 (5602), pp. 2398–2401.
- Gredilla, Ricardo, Barja, Gustavo & López-Torres, Mónica, (2001), "Effect of short-term caloric restriction on H₂O₂ production and oxidative DNA damage in rat liver mitochondria, and location of the free radical source", *Journal of bioenergetics and biomembranes*, 33 (4), pp. 279–287.
- Guertin, David A. & Sabatini, David M., (2007), "Defining the Role of mTOR in Cancer", *Cancer Cell*, 12 (1), pp. 9–22.
- Hands, Sarah L., Proud, Christopher G. & Wytenbach, Andreas, (2009), "mTOR's role in ageing: protein synthesis or autophagy?", *Ageing*, 1 (7), pp. 586–597.
- Harman, Denham, (1956), "Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry", *Journal of gerontology*, 11 (3), pp. 298–300.
- Harman, Denham, (1980), "Free Radical theory of aging: origin of life, evolution and aging", *Official journal of the american aging association (AGE)*, 3 (4), pp. 100–102.
- Harman, Denham, (1972), "The biologic clock: the mitochondria?", *Journal of the American Geriatrics Society*, 20 (4), pp. 145–147.



- Hulbert, A.J. *et al.*, (2007), “Life and Death: Metabolic Rate, Membrane Composition, and Life Span of Animals”, *Physiological reviews*, 87 (4), pp. 1.175–1.213.
- Laplante, Mathieu & Sabatini, David M., (2009), “mTOR signaling at a glance”, *Journal of Cell Science*, 122 (20), pp. 3.589–3.594.
- Lee, Byung Cheon, Kaya, Alaatin & Gladyshev, Vadim N., (2016), “Methionine restriction and life-span control”, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1363, pp. 116–124.
- Pamplona, Reinald & Barja, Gustavo, (2006), “Mitochondrial oxidative stress, ageing and caloric restriction: The protein and methionine connection”, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, 1757 (5-6), pp. 496–508.
- Sanz, Alberto *et al.*, (2005), “Effect of insulin and growth hormone on rat heart and liver oxidative stress in control and caloric restricted animals”, *Biogerontology*, 6 (1), pp. 15–26.
- Sanz, Alberto *et al.*, (2006), “Methionine restriction decreases mitochondrial oxygen radical generation and leak as well as oxidative damage to mitochondrial DNA and proteins”, *The FASEB journal*, 20 (8), pp. 1.064–1.073.
- Sanz, Alberto, Caro, Pilar & Barja, Gustavo, (2004), “Protein restriction without strong caloric restriction decreases mitochondrial oxygen radical production and oxidative DNA damage in rat liver”, *Journal of bioenergetics and biomembranes*, 36 (6), pp. 545–552.
- Strehler, Bernard L., (1962), “Time, cells, and aging”, New York, *Academic Press*, pp. 1–456.
- Wohlgemuth, Stephanie E. *et al.*, (2007), “Autophagy in the Heart and Liver During Normal Aging and Calorie Restriction”, *Rejuvenation research*, 10 (3), pp. 281–292.
- Yokoyama, Noriko N. *et al.*, (2015), “When Anti-Aging Studies Meet Cancer Chemoprevention: Can Anti-Aging Agent Kill Two Birds with One Blow?”, *Current pharmacology reports*, 1 (6), pp. 420–433.
-

LINKS:

[El artículo completo se puede encontrar en Academia](#)



Quoniam Salvum Fecit Mundum

/ ACCESIT

AUTORES | PAULO MIGUEL MOURIÑO PEREIRO Y ADELA CEBEIRO MUNÍN

COORDINADORA | MARÍA ROSARIO GARCÍA-ECHAVE LÓPEZ

CENTRO | IES ROSALÍA DE CASTRO

CIUDAD | SANTIAGO DE COMPOSTELA

RESUMEN |

Es un estudio comparativo de la vegetación de dos tecnosoles utilizados en la restauración de la mina de Touro, próxima a Santiago. Sus suelos espólicos sometidos a unas condiciones hiperácidas e hiperoxidantes imposibilitan la vida. Nuestros resultados nos permiten concluir que es posible restaurar una mina de modo sostenible y económico con tecnosoles.

Palabras clave: Suelos espólicos, restauración, tecnosoles, vegetación, sostenibilidad.

ABSTRACT |

It is a comparative study of the vegetation of two technosols used in the restoration of the Touro mine, close to Santiago. Their mine spoils have been subjected to hyper-acid and hyper-oxidant conditions that make life inconceivable. Our results allow us to conclude that it is possible to restore a mine in a sustainable and economic way by using technosols.

Keywords: Mine spoils, restoration, technosols, vegetation, sustainability.



La mina de Touro se encuentra entre los municipios gallegos de O Pino y Touro. Fue una explotación de cobre que duró 14 años hasta su abandono en 1988, dejando a la intemperie un material fácilmente oxidable. El acto de explotar un terreno agresivamente durante tantos años y abandonarlo a la intemperie cuando ya no es útil da como resultado 600 hectáreas con aguas contaminadas, flora y fauna destruida y una población muy próxima afectada, como por ejemplo una residencia para la tercera edad. En la actualidad, la mina de Touro continúa con su actividad extractiva pero de forma menos agresiva para el medio, ya que los materiales empleados proceden de las escombreras. Aun así el impacto es notable para el entorno, provocando efectos irreversibles que necesitamos solucionar. Aquí nace nuestra intención de investigar la posible restauración de un complejo minero de forma sostenible y económica, sin temor a dañar de forma irreversible el terreno. Hoy en día en Galicia continúan activas 282 minas que en un futuro próximo quedarán abandonadas y causarán un daño irreparable en la fauna y la flora del entorno gallego.

ANTECEDENTES

Para poder profundizar en nuestra investigación primero es necesario analizar los antecedentes científicos ya descubiertos en este campo de estudio. Se demuestra que la exposición a los agentes atmosféricos de los materiales de escombrera son la principal causa de la difícil situación en la que se encuentra el yacimiento. Esta meteorización causa una alta liberación H^+ al medio que provoca una mayor acidez de las aguas (Calvo y Otero, 1994). A su vez la disminución del pH provoca un aumento de la solubilidad de los metales pesados presentes en las escombreras, que causa un incremento de la toxicidad ambiental en arroyos y ríos (Asensio *et al.*, 2008). Además, las numerosas colinas y grandes superficies de escombros favorecieron a la infiltración y acidificación. Como resultado de la situación de la mina se llevó a cabo su restauración para cambiar la precaria realidad ambiental del entorno. Para ello se emplearon los tecnosoles “a la carta”, que son suelos artificiales creados a partir de residuos orgánicos e inorgánicos personalizados para un uso exclusivo en Touro. Su gran utilidad radica en que suponen un mayor secuestro de carbono, están desprovistos de ecotoxicidad y presentan potencial de amortiguación de acidez, asegurando así una mayor supervivencia de la vegetación. Este último aspecto los diferencia de los suelos creados mediante restauración convencional que no presentan ese tipo de potencial (Macías-García *et al.*, 2009; Bolaños y Macías, 2014).

En la mina se emplean diversos tipos de tecnosoles, pero para nuestra investigación nosotros nos centramos en el estudio y comparación de dos de ellos, así como su confrontación con los suelos espólicos. El primero de ellos es el T1 o *Sambaquí*; que está compuesto de 50% de conchas de mejillón y 50% de cenizas de biomasa de pasta de papel y lodos de depuradora. Lo escogimos por los buenos resultados que parecía estar teniendo en la rehabilitación de los suelos de la mina y por su interesante historia. La utilización de conchas de moluscos en la fertilización de suelos es algo que ya sucedía en el manglar de Cananéa,



al sur de Sao Paulo. Allí, los indios guaraníes depositaban, junto con otros residuos orgánicos, conchas de ostras. Los suelos del manglar tienen sulfuros y al oxidarse eso acidifica el suelo. Estas conchas al aportar carbonato neutralizan esa acidificación. Debido a que los suelos de la mina de Touro también presentan un pH muy ácido el empleo de conchas de mejillón en este caso parece una buena idea para proceder a la obtención de un pH neutralizado. El otro tecnosol que elegimos es el T2 o *Ándico*, compuesto por 35% de un biodepósito de una batea de mejillones, un 35% de residuos de una empresa de pasta de papel y un 30% de madera de eucalipto triturada.

METODOLOGÍA

Nuestra investigación presenta una metodología muy heterogénea al tener un componente de trabajo de campo en la propia mina y un posterior análisis de las muestras en el laboratorio. Como variable independiente tenemos el tecnosol estudiado y el consecuente suelo de escombrera; como variable dependiente obtenemos la riqueza florística y sus índices determinados. También hay que tener en cuenta las diversas variables controladas (dimensión de los cuadrantes, el proceso de herborizar, etc.) que se mantienen en todo momento iguales. Los materiales de campo que empleamos fueron los necesarios para la correcta herborización de las especies: bolsas de plástico y hojas de periódico, así como una cámara para las fotografías. En primer lugar, situamos dos cuadrantes de muestreo de 1m² de superficie en el que se realizaron los inventarios florísticos según las siguientes pautas:

1. Estimación visual de la superficie cubierta con vegetación y su estado de conservación.
2. Elaboración de un listado de todas las especies diferentes observadas.
3. Cálculo de la superficie cubierta por cada una de las especies de acuerdo con el índice de Braun-Blanquet:
 - += especie muy escasa.
 - 1= ocupa entre 1-10% de la superficie.
 - 2= con una cobertura de entre 10-25% de la superficie.
 - 3= cubre entre 25-50% del terreno.
 - 4= ocupa entre el 50-75% del cuadrante.
 - 5= se expande por más del 75% del terreno.
4. Recolección de los ejemplares para realizar un herbario que nos facilite la posterior identificación de las especies en el laboratorio.

El siguiente paso a seguir fue elaborar una memoria que consiste en un estudio detallado de la riqueza y biodiversidad de la zona. Para ello, exponemos una descripción de las comunidades vegetales observando la riqueza y diversidad específica de cada tecnosol, así como el valor de existencia de las especies



analizadas (VEX). En la diversidad específica centramos nuestra atención en la Diversidad α y en la β . La primera mide la diversidad de especies en una comunidad y para su estudio nosotros empleamos el índice de Shannon-Wiener porque al utilizar una escala logarítmica tiene en cuenta la riqueza en especies y su abundancia.

Índice de Shannon-Wiener.

$$\hat{H} = -\sum P_i \ln P_i$$

\hat{H} = diversidad estimada

P_i = proporción individuos especie i (n_i / N)

n_i = porcentaje estimado especie i

N = porcentaje total de todas las especies

Este índice varía de 0 (cuando solo hay una especie) a $\ln S$, siendo S el número total de especies a tener en cuenta. Cuanto más se acerque el resultado al $\ln S$ más biodiversidad habrá en la comunidad estudiada.

La Diversidad β nos permite comparar la diversidad florística entre ambas comunidades de los diferentes tipos de tecnosoles. En nuestra investigación empleamos el índice de similitud de Sorensen.

Índice de similitud de Sorensen.

$$\beta = 2C / S_1 + S_2 \quad C = \text{número de especies común a ambas comunidades}$$

S_1 = número de especies de la comunidad 1

S_2 = número de especies de la comunidad 2

El valor del índice oscila entre 0 (no existen especies comunes) y 1 si ambas comunidades son idénticas.

Tabla A1

Parcela con Tecnosol T1.
(Elaboración propia).

Tabla B1

Parcela con Tecnosol T2.
(Elaboración propia).

Nº DE ESPECIES	ABUNDANCIA ESTIMADA	ÍNDICE DE BRAUN-BLANQUET
1	≈50%	3
2	≈15%	2
3	≈5%	1
4	≈40%	3
5	≈2%	1
6	≈10%	2
7	≈40%	3
8	≈10%	2
9	≈70%	4
10	≈15%	2
11	≈25%	2
12	≈60%	3

Nº DE ESPECIES	ABUNDANCIA ESTIMADA	ÍNDICE DE BRAUN-BLANQUET
1	≈75%	4
2	≈35%	3
3	≈40%	3
4	≈5%	1
5	≈35%	3
6	≈15%	1
7	≈10%	1
8	≈2%	1
9	≈30%	3
10	≈1%	1
11	≈70%	4
12	≈40%	3
13	≈2%	1
14	≈5%	1
15	≈5%	1



En nuestras primeras observaciones pudimos apreciar 27 individuos en total de los que 12 forman parte del T1 y 15 del T2. En contraposición a los tecnosoles tenemos los suelos de escombrera, que muestran una total nulidad de fauna y flor (Fig. 2). Este hecho ayuda a comprender la necesidad de la acción humana para ayudar a la posible restauración del ecosistema. Una curiosidad a raíz de este estudio fue el descubrimiento de arqueas (organismos extremófilos) en las aguas ácidas (pH 3,2) que discurrían por las escombreras (Fig. 1).

Figura 01

Aguas ácidas de la Mina de Touro con irisaciones en la superficie que parecen indicar la presencia de arqueas (Macías-García et al., 2009). (Elaboración propia).



Figura 2

Suelo de escombreras en una zona sin restaurar de la mina de Touro. (Elaboración propia).



Una vez tratados los resultados brutos y las primeras observaciones, identificamos a los individuos herborizados en cada cuadrante que se pueden apreciar en las tablas A2 y B2. Esto nos llevó a descubrir que en realidad el T2 cuenta con 14 especies diferenciadas y el T1 con 10, por lo que podemos afirmar que el T2 tiene una mayor riqueza específica. A través de los datos aportados por las tablas mencionadas podemos estudiar la diversidad específica de cada tecnosol. Utilizamos la Diversidad α y β , ya que así podemos conocer en profundidad la biodiversidad de cada tecnosol y su relación entre ellos. Cuanto mayor sea esta, mayores serán los beneficios de restauración proporcionados.

En primer lugar, podemos afirmar que el *Sambaquí* (T1) tiene una mayor alfa-diversidad que el *Ándico* (T2). Tal y como se aprecia en la tabla inferior el T1 alcanza un resultado más próximo a su valor indicativo de máxima biodiversidad que el T2. Esto puede llamar la atención al tener en cuenta que el T2



Tabla A2

Parcela con Tecnosol T1.
(Elaboración propia).

N°	ESPECIES HERBORIZADAS	DATOS PARA ÍNDICE DE SHANNON-WIENER	
		Pi	H'
1	<i>Urtica dioica</i> L.	60/352=0.170454	-0.3016
2	<i>Galium aparine</i> L.	15/352=0.042613	-0.1235
3	<i>Geranium robertianum</i> L.	5/352=0.014204	-0,0604
4	<i>Parietaria judaica</i> L.	65/352=0.184659	-0.3119
5	<i>Pentaglottis sempervirens</i> (L.) Tausch	2/352=0.056818	-0.1629
6	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	10/352=0.028409	-0.1012
7	<i>Fumaria muralis</i> Sonder ex Koch	40/352=0.113636	-0.2471
8	<i>Malva sylvestris</i> L.	70/352=0.198863	-0.3212
9	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	15/352=0.04261	-0.1345
10	<i>Echium plantagineum</i> L.	60/352=0.170454	-0.3016

Tabla B2

Parcela con Tecnosol T2.
(Elaboración propia).

N°	ESPECIES HERBORIZADAS	DATOS PARA ÍNDICE DE SHANNON-WIENER	
		Pi	H'
1	<i>Geranium lucidum</i> L.	110/370=0.297297	-
2	<i>Echium plantagineum</i> L.	35/370=0.094594	0.2231
3	<i>Geranium molle</i> L.	40/370=0.108108	0.2405
4	<i>Geranium robertianum</i> L.	5/370=0.013513	-
5	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill	15/370=0.040540	0.0582
6	<i>Galium aparine</i> L.	10/370=0.027027	-
7	<i>Picris echinoides</i> L.	2/370=0.005405	0.0282
8	<i>Holcus lanatus</i> L.	30/370=0.081081	0.2037
9	<i>Daphne nidium</i> L.	1/370=0.002702	-
10	<i>Fumaria muralis</i> Sonder ex Koch	70/370=0.189189	0.3150
11	<i>Galium saxatile</i> L.	40/370=0.108108	0.2405
12	<i>Cheilidonium majus</i> L.	2/370=0.005405	0.0282
13	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	5/370=0.0135125	0.0582
14	<i>Lolium perenne</i> L.	5/370=0.0135125	0.0582

presenta una mayor riqueza específica. Nosotros encontramos la explicación a esta situación en el hecho de que en el suelo *Sambaquí* las diez especies diferentes encontradas están mejor distribuidas que las 14 especies del suelo T2. En este caso, como vemos en la tabla B1, seis de las especies tienen una abundancia de 5 o menos de 5%, mientras que en suelo T1 solo hay dos especies con 5 o menos de 5% de abundancia. Es decir, en este suelo las especies están mejor distribuidas y por lo tanto tiene una mayor diversidad específica.

	DIVERSIDAD ESPECÍFICA	VALOR INDICATIVO MÁXIMO DE BIODIVERSIDAD
SAMBAQUÍ	2,05	2,30
ÁNDICO	2,03	2,64

También es importante comparar la diversidad de especies entre ambos tecnosoles. Para ello se calcula la beta-diversidad utilizando el Índice de Similitud de Sorensen de la forma ya explicada en metodología. Este índice demostró que la relación entre T1 y T2 es bastante escasa ya que su resultado fue 0,33, lo cual indica que hay pocas especies iguales entre ellos (concretamente solo hay 4).

Como parte de la investigación es esencial sopesar el valor que tienen las especies para determinar si realmente la revegetación es efectiva y adecuada para el área geográfica en cuestión y qué tecnosol es mejor en este aspecto. No obstante, debido a que la restauración de los suelos y la sucesión ecológica están en sus primeras etapas el índice del valor de existencia de la vegetación no aporta datos concluyentes para la investigación. Las especies encontradas son



nitrófilas y ruderales, como cabía esperar en suelos fabricados con residuos, y el valor de existencia de todas las especies es el mismo. En un ambiente neocolonizado surgen numerosas especies, son las llamadas colonizadoras, pioneras u oportunistas, después quedarán algunas y otras desaparecen. Para poder tener en cuenta de forma rigurosa el aspecto del valor de existencia se necesitaría esperar más tiempo.

CONCLUSIÓN

En nuestras visitas a la mina pudimos comprobar la gran diferencia que existe entre suelos restaurados por tecnosoles y suelo sin tratar, en la (Fig. 3) se observa claramente la frontera entre un suelo restaurado por *Sambaquí* y el suelo sin restaurar. Lo que nos lleva a afirmar la necesidad de la intervención humana en la restauración de los suelos de escombrera.

Los tecnosoles también contribuyen a la desacidificación del suelo y a la fijación de metales pesados. De un pH muy ácido en los suelos de la escombrera pasamos a un pH de casi 5 con el tecnosol T2 y a un pH neutro de más de 7 con el T1, por lo que parece que en este campo el *Sambaquí* es más efectivo. Además, este tecnosol vuelve a tener un efecto más positivo en cuanto a la fijación de metales pesados. La solubilidad de esos metales es menor en un pH neutro porque se precipitan como hidróxido o carbonato. Además, el carbonato presente en las conchas de mejillón del T1 ayuda a fijar los metales pesados presentes en el suelo. Asimismo, los costes de producción de suelos “a la carta” son bajos ya que se fabrican a partir de materiales residuales, lo que nos ofrece una gran posibilidad de experimentación con diferentes tipos de suelos de restauración.

Figura 03

Barrera natural entre el suelo Sambaquí y un suelo sin restaurar. (Elaboración propia).





Ambos tecnosoles estudiados (T1 y T2) presentan una gran eficacia en los procesos de recuperación de los suelos de la mina. No obstante, es cierto que el *Sambaquí* tiene una mayor biodiversidad, así como un pH neutro y un mayor aporte de carbonatos que ayudan a la fijación de los metales pesados, aspectos ya analizados, y que ayudan a determinar su superior eficacia frente al tecnosol T2 en la restauración de la mina de Touro en terrenos de escombrera.

BIBLIOGRAFÍA

- Asensio, V., Cancelo, B. C., Couce, M. L. A., Vega, F. A. V., & Covelo, E. F. (2008), “Efecto del Tratamiento con Tecnosoles en la Recuperación de Escombreras de Mina Ricas en Sulfuros Metálicos”, *Macla*, 10, pp. 107-110.
- Bolaños Guerrón, D., & Macías, F. (2014), “Using Technosols for the treatment of eutrophication in water bodies”. *International Perspective for Water and Environment IPWE*, 14.
- Calvo, R. D. A. R., & Otero, A. P. (1994), “Soils affected by acid mine waters in Galicia (NW Spain)”. *Water, Air, and Soil Pollution*, 73 (1), pp. 247-263, p. 248.
- Macías-García, F., Camps Arbestain, M., & Macías, F. (2009 a), Recuperación de aguas ácidas de la mina de Touro mediante sistemas integrados de barreras reactivas con diferentes Tecnosoles y humedales. *Minería Sostenible*, A Coruña, pp. 651-661, p. 657.
- Macías-García, F., Camps Arbestain, M., & Macías, F. (2009 b), Utilización de Tecnosoles derivados de residuos en procesos de restauración de suelos de la mina Touro. *Minería Sostenible*, A Coruña, pp. 963- 973, p. 967.

LINKS:

- [El artículo completo se puede encontrar en Academia](#)
[Vídeo explicativo 30° Certamen Jóvenes Investigadores](#)



Importancia de la teoría de meta-población en la supervivencia de una especie en peligro de extinción *Patella ferruginea* (Gmelin, 1971). Resultados de una vigilancia a medio plazo (2012-2017)

/ ACCESIT

AUTORES | PABLO VIGO FERRERA, MARCOS NÚÑEZ GUERRERO Y DIONÍSIO SANCHO DÍAZ

COORDINADOR | GERMÁN GONZÁLEZ JIMÉNEZ

CENTRO | COLEGIO MONTECALPE

CIUDAD | ALGECIRAS

RESUMEN |

La conservación, requiere proyectos a largo plazo. El trabajo muestra un proyecto de vigilancia ambiental 2012-7, con una especie en extinción *Patella ferruginea* que tiene una estrategia nacional de conservación. La dinámica de población plantea si la meta-población, explica la evolución. Los resultados señalan: población parte de cero, la progresión es constante pero eventual, la densidad varía, el reclutamiento es diferencial. Dichos argumentos avalan el modelo de meta-población y explica la recuperación por la dispersión y colonización de larvas, procedentes de otras áreas geográficas.

Palabras clave: *Patella ferruginea*, dinámica de población, meta-población.

ABSTRACT |

Conservation requires long-term projects. The work shows a 2012-7 environmental monitoring project with the *Patella ferruginea*, an endangered species that has a national strategy of conservation. The population dynamics sets out the question that if the meta-population explains the evolution. The results indicate: population starts from zero, the progression is constant but eventual, the density varies and the recruitment is differential. These arguments support the meta-population model and explain the recovery by the dispersion and colonization of larvae coming from other geographical areas.

Keywords: *Patella ferruginea*, population dynamics, meta-population.



INTRODUCCIÓN

La “Evaluación de Ecosistemas del Milenio” realizada en 2005 por Naciones Unidas, alertaba de la pésima situación que presentaba el ecosistema costero a nivel mundial (World Resources Institute, 2005: 98). La cuenca mediterránea *sensu stricto*, es considerada mundialmente como una “zona reactiva” por su alta vulnerabilidad e irremplazabilidad (Brooks et al. 2007: 59), habiendo sido catalogada como un *hotspots* de biodiversidad prioritario para la conservación a nivel mundial (Myers et al, 2000: 853). A pesar de su valor, el ecosistema medio-litoral se encuentra deteriorado debido a la facilidad de acceso y por tanto a una presión antrópica alta (Guerra et al, 2011: 25).

El Estrecho de Gibraltar es una zona geográfica, que cuenta con una gran riqueza biológica, debida a la notable singularidad ambiental que le confiere el encontrarse: entre dos mares: océano Atlántico y mar Mediterráneo y dos continentes Europa y el África. Desde el punto de vista ecológico, resulta una pieza clave en la conservación de determinados hábitats: “Acantilados con vegetación propia de las costas Mediterráneas” (Anexo I directiva 92/43/CEE) y prioritario para la supervivencia de algunas especies endémicas como *Limonium emarginatum* o en Peligro de Extinción *Patella ferruginea*.

ANTECEDENTES

Dentro del marco de la conservación de los espacios naturales y de las especies, el estudio planteado pretende contribuir en la medida de lo posible a la conservación del Patrimonio Natural del Campo de Gibraltar. Muchos son los antecedentes del trabajo realizado, pero dos han sido los elementos clave que han permitido la ejecución de este trabajo: el primero fueron las jornadas medioambientales que el colegio Montecalpe realizaba en el litoral algecireño, aunando el diseño curricular de la asignatura y el espíritu investigador de los alumnos (Barragán, 2002: 77) y que posteriormente dio lugar a la publicación de Garzón (2003) “Itinerario Natural por el Litoral de Algeciras; el segundo hito fue la publicación del trabajo de García Gómez (2007) “Biota Litoral y Vigilancia Ambiental en las Áreas Marinas Protegidas”, que de forma sencilla establecía una herramienta que permite advertir mediante la observación detallada del entorno, cambios en el ecosistema litoral (García-Gómez, 2007: 21).

Con estas bases se planteó en el 2012, un proyecto de investigación en el medio natural a largo plazo, que sin grandes medios técnicos, pero con un diseño metodológico serio y riguroso, permitiera establecer un seguimiento ambiental en el entorno del Parque Natural del Estrecho. Lo que en principio se inició como una vigilancia ambiental para valorar el estado de la zona intermareal: “análisis de biodiversidad”, “selección de especies indicadoras” y “establecimiento de estaciones centinelas”, se ha mejorado durante los últimos cursos (años 2015-6 y 2016-7) con un estudio sobre la dinámica de población de un invertebrado marino *Patella ferruginea*, considerada una de las especies claves



en la conservación del Mediterráneo, al ser el único invertebrado marino en peligro de extinción.

La azarosa evolución de la población durante la vigilancia ambiental, ha inducido a preguntar: ¿Qué factores han sido determinantes en la dinámica de la población?, y por tanto a plantear la Hipótesis (Ho) de sí la Teoría de las meta-poblaciones de Hanski (1999), explica la progresiva pero indeterminada evolución de la especie en el área de estudio. Según esta teoría, poblaciones separadas en el espacio, están conectadas por la dispersión y colonización de individuos “larvas” o “juveniles” procedentes de progenitores que se encuentran a largas distancias y que actúan como fuente.

MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO:

El trabajo de campo se ha realizado, en la zona más oriental del Parque Natural del Estrecho de Gibraltar, una zona ampliamente descrita (Garzón, 2003: 17) y que por su proximidad ha favorecido los desplazamientos a la zona de trabajo. La zona (Figura nº1) forma parte de una sucesión de pequeñas calas de similares características formadas por rocas y gravas a las que se accede desde un sendero con abundante vegetación.

El ámbito de trabajo se ha centrado en la zona intermareal, espacio entre la más alta pleamar y la más baja bajamar, siguiendo los criterios de pisos bionómicos establecidos por Pérès y Picard en 1964. La zona intermareal presenta la singularidad de que los organismos se encuentra periódicamente expuesto al aire y por tanto deben estar capacitados para superar esta exposición (Castro & Huber, 2007: 236), lo que hace que sea un hábitat especialmente vulnerable, al recibir perturbaciones terrestres, (presión humana) y marinas (contaminación) (Guerra et al. 2011: 27).

ESPECIE OBJETO DE ESTUDIO:

La *Patella ferruginosa*, es el único invertebrado marino del Mediterráneo que por su estatus se encuentra en el nivel más alto de protección, habiendo sido: 1º declarada “en peligro de extinción”, 2º incluida en el Catálogo Nacional de especie amenazadas, 3º incluida en el anexo IV de especies que requieren una protección estricta (Directiva Hábitat) y 4º siendo a nivel nacional una de las 12 especies que cuenta con una estrategia propia para su conservación (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino de España (MARM), 2008).

Los últimos censos estiman una población mundial de entre 90.000-110.000 ejemplares, de estos, 7.000 se localizan en el litoral andaluz y sólo 300 lo hacen en el ámbito del Parque Natural del Estrecho (Cádiz) (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación, 2015: 70).



La especie puede alcanzar un tamaño relativamente grande más de 10 cm y vivir hasta 12 años. Presenta gruesas y elevadas costillas radiales, que la hacen inconfundible (Espinosa, 2006: 125). Los individuos más jóvenes presentan unos anillos más oscuros, concéntricos e irregulares (Guallart et al, 2012: 272). La especie es herbívora y se alimenta principalmente de algas incrustantes, para lo cual se desplaza durante la pleamar, dejando al descubierto la huella de su incrustación, para posteriormente regresar a su posición inicial (Guallart y Acevedo, 2006).

Su reproducción es bastante peculiar, al ser una especie “hermafrodita protándrica”, los individuos maduran primero como machos, primera madurez sexual 28 mm (2° año de vida), mientras que no se produce la inversión de sexo hasta el tercer o cuarto año de vida en el que la hembras alcanzan 42 mm. de longitud (Guallart et al, 2010: 30). Como cualquier gasterópodo marino antes de fijarse sobre el sustrato presenta una fase larvaria de vida libre.

MÉTODO DE ESTUDIO:

Para analizar la evolución de la especie en la zona de estudio, se ha realizado anualmente varios censos exhaustivos de la zona intermareal, muestreando todos los afloramientos rocosos que emergen en ambos flancos del litoral: Punta del Chorlito al norte y Punta del Fraile al sur, que limitan la pequeña cala de la zona de estudio. Para ello, divididos en grupos de cuatro alumnos, se ha ido reconociendo de visu, la zona intermareal durante el periodo de tiempo que dura la bajamar. Se han empleado al menos cuatro mareas/año para garantizar la exactitud de los resultados.

Cuando se localiza un ejemplar se anotaba: posición UTM mediante un GPS Garmin Etrex 10® y biometría (Figura nº2) del ejemplar (longitud-anchura) que posteriormente han sido analizados como parámetros poblacionales.

Para determinar la estructura de población hemos considerado cuatro clases de edad en función de la longitud del ejemplar: reclutamiento anual ($l_{apa} \leq 15$ mm), machos ($15 \text{ mm} < l_{apa} \leq 30$ mm), ejemplares indeterminado sexualmente ($30 \text{ mm} < l_{apa} \leq 40$ mm.) y hembras ($l_{apa} > 40$ mm).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran una lenta pero ascendente recuperación de los efectivos poblacionales de *Patella ferruginea*. Durante el primer año se realizó un barrido sistemático de la zona más oriental del P.N. del Estrecho mostrando que a pesar de ser la zona con mayor α -Diversidad no mostraba la presencia de *Patella ferruginea*. A partir del segundo año el aumento ha sido progresivo 6 u., 33 u., 111 u. y 136 u. La evolución a partir del cuarto año parece que ha tendido a una cierta estabilización, ajustándose a una curva de regresión $y = 6,35x^2 - 0,44x - 11,4$ con un ajuste de correlación alto $R^2 = 0,95$ (Gráfica nº1).



Para analizar la densidad en la zona de estudio nos hemos basado sólo en los resultados obtenidos durante los dos últimos años $d_{2015}-6 = 1,25 \pm 0,01$ unid/m lineal y $d_{2016}-7 = 1,06 \pm 0,21$ unid/m lineal. Estos resultados se asemejan a los obtenidos en otras zonas de la provincia de Cádiz, aunque por debajo de la densidad encontrada en la orilla africana del estrecho, donde Rivera et al. (2011: 86), encontró densidades superiores a 6 unid/m lineal. Esta disminución de la densidad es debida a un incremento del área de distribución en la Punta del Chorlito y a una disminución de la población en la Punta del Fraile.

No hemos encontrado relación entre el tamaño de los ejemplares y su geo-localización, localizando ejemplares de todos los tamaños a lo largo de ambas franjas costeras. Lo que sí hemos apreciado es una clara distribución de tamaños y la pérdida de algunos ejemplares en la zona de la Punta del Fraile.

Si analizamos la estructura de población atendiendo a las cuatro clases de edad (Gráfica nº2) establecidas se observa: 1º un incremento del reclutamiento anual en la Punta del Chorlito, 2 unidades más que en 2016 (+14%) y un desplazamiento en la distribución de las clases de edad, incrementándose el número de grandes hembras observadas de 11 (2016) pasamos a 44 (2017) y 2º una disminución del reclutamiento en la Punta del Fraile, si en 2016 fue escasa 3 u. en 2017 sólo un ejemplar y desaparición de parte del contingente entre $15 < P_f \leq 40$ mm).

Para finalizar se ha analizado la evolución de la estructura de tallas en el área de estudio (Gráficas nº3 y 4), a partir de los resultados obtenidos podemos afirmar que las gráficas anuales muestran un perfil muy similar caracterizado por tres factores determinantes:

1. Mayor reclutamiento en P. de Chorlito.
2. Pérdida potencial de machos reproductores en Punta del Fraile.
3. Presencia de un mayor número de grandes hembras en Punta del Fraile.

CONCLUSIONES

Desde el inicio del Programa de Vigilancia Ambiental en el extremo más oriental del Parque Natural del Estrecho, la playa de Cala Arena ha sido considerada como una de las zonas de mayor riqueza ecológica. La colonización, e incremento de población, de una especie emblemática como es *Patella ferruginea*, avala el alto valor de su estado de conservación. Se ha probado que la conservación de unas pocas especies raras en un área determinada garantiza el mantenimiento de un valor estimado global de conservación de dicha área elevado (Hiraldo F. y Alonso J.C. 1985: 5).

Los resultados obtenidos: 1º Incremento del número de individuo partiendo de una población inexistente, 2º Tasas de reclutamiento progresivas pero inestable. 3º Aumento de tamaño de hembras reproductoras y 4º Variación anual muy marcada, que afecta fundamentalmente a juveniles de menos de dos años



(≤ 30 mm), son indicadores de una comunidad joven, dependiente de los aportes de larvas procedentes de otras poblaciones, lo que permite confirmar que la población de *Patella ferruginea* de Cala Arena forma parte de una meta-población, donde el balance entre extinción y recolonización, y su consecuencia para la persistencia a largo plazo, dependen del conjunto de relaciones establecidas entre un conjunto de sub-poblaciones parcialmente aisladas pero que mantienen una fuerte vinculación genética a través de la conexión de sus larvas.

La evolución parece indicar que se verifica el modelo de “meta-población”, así la zona está conectada con otras áreas por la dispersión y colonización de “larvas”, procedentes de progenitores que se encuentran a larga distancia. Observaciones personales, han mostrado la existencia de una población en una zona de difícil acceso Isla Paloma donde se encuentran ejemplares de gran tamaño, que podría estar actuando como “población fuente”.

En la actualidad, la presencia de hembras de gran tamaño >40 mm. podría permitir en un futuro, que la zona pueda servir como fuente para otras áreas. Es sabido que para garantizar el éxito reproductor se requiere una densidad mínima que garantice la fecundación de los gametos (García Gómez et al., 2010: 3).

Por tanto y como conclusión se debe considerar que la población existente en Cala Arena procede de la dispersión poblaciones cercanas por lo que el reclutamiento juega un papel fundamental en la determinación de la abundancia de la especie en Cala Arena. Según Pulliam (1988) (Begon et al., 1999: 650), las áreas pueden definirse en Fuentes “áreas donantes de alta calidad” y sumideros “áreas receptoras de peor calidad” por tanto el área colonizada es un sumidero de una meta-población que abarcaría ambas orillas del Estrecho de Gibraltar, constituyendo una ventaja evolutiva para la conservación de esta especie, al favorecer la supervivencia: “la probabilidad de extinción de poblaciones locales disminuye al aumentar el tamaño de la población, así mismo al aumentar la fracción de áreas ocupadas por la meta-población implica una mayor existencia de poblaciones locales” (Hanski, 1991).

Para finalizar se puede considerar que:

“La zona de Cala Arena: con un régimen de protección especial Parque Natural del Estrecho, empieza a tener una densidad de población adecuada 1,15 u/m lineal y una estructura de población donde el 60,3% de los individuos son hembras de gran tamaño $Long_{med} = 53,9 \pm 10,2$ mm, lo que favorece una elevada producción de óvulos que pueden convertir a la zona de actuación como un foco de producción secundaria para zonas adyacentes”.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que han contribuido a que este trabajo haya podido realizarse. En primer lugar debemos agradecer el trabajo realizado por cinco



promociones de alumnos del colegio Montecalpe que durante los cursos de 4º de ESO y 1º de Bachillerato, han participado activamente en los muestreos realizados: Manuel Añón, Francisco José García, Elías Hadjeres, Manuel Larqué, Fernando Martín Oliva, Javier Molina, Álvaro Raña, Scott Gourlay, Alejandro Marfil, Emilio Miró, José Manuel Ocaña, Javier Sato, Ismael Sato, Pablo Menoyo, Miguel Bautista, Miguel Ibáñez, Pablo Gallego, Juan Mesa y Tomás de Garrastazu; su interés en el proyecto y su entrega en el trabajo han permitido que año tras año las jornadas de campo se convirtieran en un apasionante descubrimiento del entorno natural de P.N. del Estrecho.

De otra forma debemos agradecer a D^a María Eugenia San Emeterio Pozueta, Directora Conservadora del P.N. del Estrecho su buena disposición y todas las facilidades que nos ha dado para conseguir el permiso para la realización de actividades de investigación/formación científica de alumnado en la zona intermareal del parque natural. Autorización *sine qua non* no podríamos haber realizado este estudio. Tenemos que agradecer también la colaboración incondicional de D. Eduardo Briones, biólogo del ayuntamiento de los Barrios, por haber servido de puente para realizar el trabajo y conseguir los permisos oportunos, a D. Orlando Garzón por su continuo apoyo y por sus sugerencias en la revisión de este trabajo.

También debemos agradecer a D. José Carlos García Gómez, catedrático del Laboratorio de Biología Marina de la Universidad de Sevilla y a su equipo capitaneado por José Manuel Guerra, por todas las dudas que nos han resuelto durante estos últimos años. A Javier Guallart del Museo Nacional de Ciencias Naturales, por atendernos y cedernos algunas fotos de la vida larvaria de *Patella ferruginea*. También debemos agradecer el trabajo de los profesores del colegio, que nos han ayudado en todo lo que les hemos pedido, facilitando y cubriendo las horas que hemos invertido en los muestreos de campo. Sin su colaboración el trabajo hubiera sido mucho más complicado.

Para finalizar agradecer a D. Miguel Ángel Carrasco por dar forma al Grupo de Investigación del Colegio, su figura nos ha dado alas para abordar diversas líneas de investigación dentro del colegio. Por último agradecer al actual director D. José Fernández Millán su entusiasmo en cuantos proyectos de investigación le presentamos.

BIBLIOGRAFÍA

Barragan, J.M. (2002), *Guía de buenas prácticas para la gestión de los recursos del litoral de la provincia de Cádiz*. Universidad de Cádiz, Servicio de Publicaciones de la Diputación Provincial de Cádiz, p. 96.



- Begon, M, Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1999), *Ecología: Individuos, poblaciones y Comunidades*, 3ª Edición Editorial Omega S.A., p. 1148.
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., Fonseca, G.A.B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J.F., Mittermeier, C.G., Pilgrim, J.D., & Rodríguez, A.S.L. (2006), "Global Biodiversity Conservation Priorities", *Science*, Vol 313, pp. 58-61.
- Castro P, & Huber, M. (2007), *Biología Marina*, Ed. Mc Graw-Hill. 2007, p. 486.
- Garzón O. (2003), *Itinerario natural por el litoral de Algeciras: Getares-Cala Arena*, Editorial Wanagu, p. 102.
- Espinosa, F. (2006), "Caracterización biológica del molusco protegido *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda: Patellidae): bases para su gestión y conservación", Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, p. 329.
- García Gómez J.C. (2007), "Biota litoral y Vigilancia Ambiental en las Áreas Marinas Protegidas", Servicio de publicaciones de la Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, p.193.
- García Gómez, J.C., López, C.M., Espinosa F, Guerra, J.M., Rivera, G.A. (2010), *Marine artificial micro-reserves: a possibility for the conservation of endangered species living on artificial substrata*, *Marine Ecology* 2010, pp. 1-9.
- Guerra J.M, Palacio, I, Baeza, E., Cabeza, M^a P, Ros, M. y García-Gómez J.C. (2011), *Patrones de variación espacial de las comunidades inter-mareales de la Isla de Tarifa* (Cádiz), *Migres*, Revista de Ecología nº 2, pp. 25-34.
- Guallart J., Calvo M., Acevedo I., Peña J.B. Y Luque Á. (2012), "Patrón morfológico y coloración de la concha de los juveniles de la lapa amenazada *Patella ferruginea* (Mollusca, Patellidae) desde su fijación al sustrato hasta su primer año de vida", *Libro de Resúmenes, XVII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*, Donostia, septiembre 2012 (Póster).
- Guallart, J. y Acevedo, I. (2006), Observaciones sobre la biología de la lapa *Patella ferruginea* (Mollusca, Patellidae) en las Islas Chafarinas, Simposio de Bentos de Barcelona.
- Guallart, J., Calvo, M. And Cabezas, P. (2010), *Hermafroditismo en la lapa ferruginosa (Patella ferruginea) (Mollusca, Patellidae), especie catalogada "en peligro de extinción"*, Bayle Sempere, J.T. (Coord.), Valle Pérez.
- Hanski, I. (1991), "Single-species metapopulation dynamics: concepts, models and observations", *Metapopulation Dynamics* (M.E. Gilpin & I. Hanski, eds), London, Academic Press, pp. 17-38.
- Hanski, I. (1999), *Metapopulation ecology*, Oxford, Oxford University Press, p. 324.
- Hiraldó F y Alonso J.C. (1985), *Sistema de indicadores faunísticos (vertebrados) aplicable a la planificación y gestión del medio natural en la Península Ibérica*, ICONA, *Naturalia Hispánica* nº 26, p. 36.



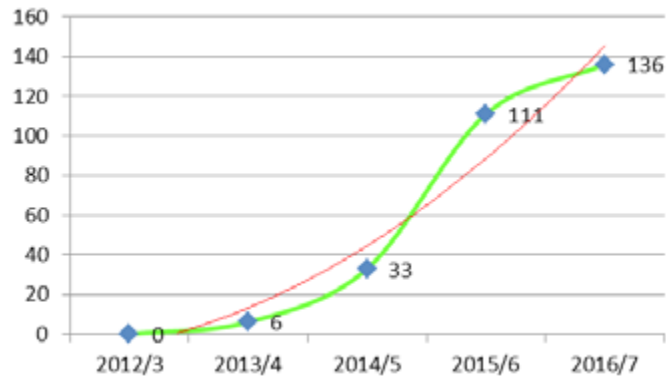
Figura 02

Medida biométrica de los ejemplares.



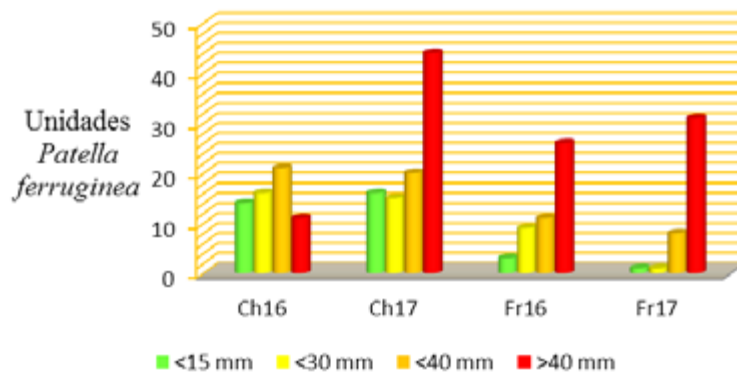
Gráfica 01

Evolución de la población de *Patella ferruginea* en la zona de estudio.



Gráfica 02

Evolución de la distribución de las clases de edad.

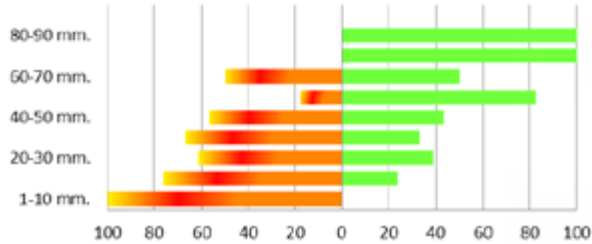




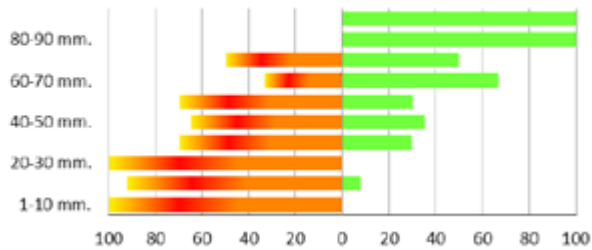
Gráficas 03 y 04

Evolución de la estructura de población durante los últimos años.

Estructura población *Patella ferruginea* 2016



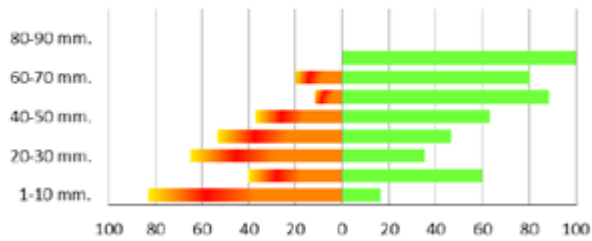
Estructura población *Patella ferruginea* 2017



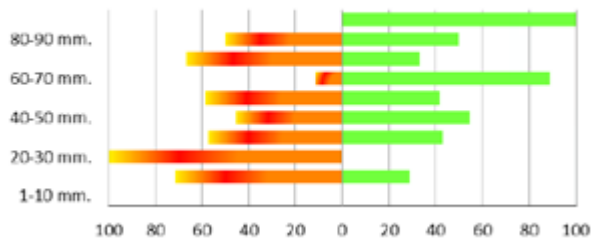
Gráficas 05 y 06

Evolución de la población dependiendo de su área de distribución. Los histogramas de la derecha se corresponden con los datos del 2016 y los de la izquierda con los datos del 2017.

Evolución Punta del Chorlito



Evolución Punta del Fraile





TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS

PRIMER PREMIO |

- 273 - **Resolución de un problema N-P computacional a través de algoritmos genéticos. Una aplicación a la creación de una red de miradores con estaciones de recarga eléctrica en Gran Canaria**
CARLA GARCIA MEDINA

SEGUNDO PREMIO |

- 285 - **Evaluación de la eficiencia de las pinturas fotocatalíticas en la disminución de compuestos orgánicos volátiles (COVs)**
MARÍA FRANCÉS TRUJILLO
- 299 - **Apostando por la sostenibilidad con agro-hormigones: disminución de las emisiones de CO₂, favoreciendo la economía circular en la zona de Valverde de Leganés para solucionar el déficit habitacional**
RAÚL PÉREZ LÓPEZ, JUAN ESCALERA ARDILA Y CARLOS BECERRA VALVERDE
- 311 - **Proyecto CURIOSITY. Estudio y desarrollo de un prototipo multifuncional del Rover Curiosity**
HUGO AGUIRRE DA SILVA

PREMIO ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID |

- 323 - **PYCT, profesor de ajedrez**
ROBERT JESÚS PANEQUE YUNTA

PREMIO ESPECIAL FUNDACIÓN ONCE |

- 333 - **Impresión 3D en la Industria Protésica**
GEMA QUIÑONERO LÓPEZ



TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS

ACCESIT |

- 345 - **Estudio de la maduración del kiwi (*Actinidia deliciosa*) según el tipo y cantidad de frutas climatéricas empleadas como fuente de etileno**
SARA GIMENO LAR
- 355 - **Eficacia de muros de Trombe**
AINTZANE HUARTE GARNICA, CLARA IRACHETA FLAMARIQUE Y
OLATZ RUIZ DE GALARRETA GÓMEZ

the 1990s, the number of people in the world who are poor has increased from 1.2 billion to 1.6 billion.

There are a number of reasons why the number of people in the world who are poor has increased. One reason is that the world's population has grown rapidly. Another reason is that the world's economy has not grown fast enough to keep pace with the population growth.

There are a number of things that can be done to help reduce the number of people in the world who are poor. One thing is to help the world's economy grow faster. Another thing is to help the world's population grow more slowly.

There are a number of things that can be done to help the world's economy grow faster. One thing is to help the world's countries attract more investment. Another thing is to help the world's countries improve their infrastructure.

There are a number of things that can be done to help the world's population grow more slowly. One thing is to help the world's countries improve their health care. Another thing is to help the world's countries improve their education.

There are a number of things that can be done to help the world's countries attract more investment. One thing is to help the world's countries improve their legal system. Another thing is to help the world's countries improve their government.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their infrastructure. One thing is to help the world's countries improve their roads. Another thing is to help the world's countries improve their water supply.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their health care. One thing is to help the world's countries improve their hospitals. Another thing is to help the world's countries improve their doctors.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their education. One thing is to help the world's countries improve their schools. Another thing is to help the world's countries improve their teachers.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their legal system. One thing is to help the world's countries improve their courts. Another thing is to help the world's countries improve their lawyers.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their government. One thing is to help the world's countries improve their elections. Another thing is to help the world's countries improve their politicians.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their roads. One thing is to help the world's countries improve their road construction. Another thing is to help the world's countries improve their road maintenance.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their water supply. One thing is to help the world's countries improve their water treatment. Another thing is to help the world's countries improve their water distribution.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their hospitals. One thing is to help the world's countries improve their hospital construction. Another thing is to help the world's countries improve their hospital equipment.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their doctors. One thing is to help the world's countries improve their medical education. Another thing is to help the world's countries improve their medical research.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their schools. One thing is to help the world's countries improve their school construction. Another thing is to help the world's countries improve their school equipment.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their teachers. One thing is to help the world's countries improve their teacher education. Another thing is to help the world's countries improve their teacher salaries.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their courts. One thing is to help the world's countries improve their court construction. Another thing is to help the world's countries improve their court equipment.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their lawyers. One thing is to help the world's countries improve their law education. Another thing is to help the world's countries improve their law salaries.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their elections. One thing is to help the world's countries improve their election administration. Another thing is to help the world's countries improve their election security.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their politicians. One thing is to help the world's countries improve their political education. Another thing is to help the world's countries improve their political salaries.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their road construction. One thing is to help the world's countries improve their road design. Another thing is to help the world's countries improve their road materials.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their road maintenance. One thing is to help the world's countries improve their road inspection. Another thing is to help the world's countries improve their road repair.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their water treatment. One thing is to help the world's countries improve their water filtration. Another thing is to help the world's countries improve their water disinfection.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their water distribution. One thing is to help the world's countries improve their water pipes. Another thing is to help the world's countries improve their water pumps.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their hospital construction. One thing is to help the world's countries improve their hospital design. Another thing is to help the world's countries improve their hospital materials.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their hospital equipment. One thing is to help the world's countries improve their hospital furniture. Another thing is to help the world's countries improve their hospital machinery.

There are a number of things that can be done to help the world's countries improve their medical education. One thing is to help the world's countries improve their medical curriculum. Another thing is to help the world's countries improve their medical faculty.



Resolución de un problema N-P computacional a través de algoritmos genéticos. Una aplicación a la creación de una red de miradores con estaciones de recarga eléctrica en Gran Canaria

/ PRIMER PREMIO

AUTORA | CARLA GARCIA MEDINA

COORDINADORA | ANN CHUNG

CENTRO | CANTERBURY SCHOOL

CIUDAD | LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

RESUMEN |

Bajo la hipótesis de que es posible proporcionar soluciones con bajos tiempos computacionales, en esta investigación se lleva a cabo el cálculo de la ruta más corta para recorrer mediante vehículos eléctricos aquellos miradores de la Isla de Gran Canaria que hallándose en zonas rurales tienen zona de aparcamiento. Este es un claro ejemplo del problema del “agente viajero”, considerado un problema NP computacional.

Palabras clave: Problema NP computacional, problema TSP, miradores, vehículos eléctricos.

ABSTRACT |

Under the hypothesis that it is possible to provide solutions with low computational times, this research carries out the calculation of the shortest route to travel by electric vehicles round the viewpoints of the island of Gran Canaria that are in rural areas and have a parking spot. This is a clear example of the Travelling Salesman Problem, considered a computational NP problem.

Keywords: Computational NP problem, TSP problem, viewpoints, electric vehicles.



INTRODUCCIÓN

Los miradores son lugares de parada en el camino, cuidadosamente planificados para la contemplación del paisaje pues muestran el mejor lugar desde donde ser visto. Con relación a los actuales Objetivos de Desarrollo Sostenibles (en adelante ODS) de las Naciones Unidas, la creación de una red de miradores con estaciones de recarga eléctrica en un espacio frágil promueve la “creación de infraestructuras sostenibles” (ODS número 9) para poner “freno a la pérdida de diversidad biológica” (ODS, número 15). Para una mejor conservación de los espacios protegidos, el desplazamiento hasta los miradores debería: (a) generar cero emisiones de gases contaminantes; (b) utilizar una energía que provenga de fuentes renovables como la eólica y la solar, de las que Canarias tiene en abundancia; y (c) apenas hacer ruido. Son las ventajas que ofrece el vehículo eléctrico (AUVE, 2016). Ello convierte a los miradores en un excelente laboratorio para iniciar la transición hacia la movilidad eléctrica hasta generalizar su uso en toda la Isla.

El número de vehículos eléctricos en circulación, a pesar de ser más respetuosos con el medioambiente que los vehículos tradicionales, sigue siendo muy reducido por la falta de puntos de recarga, la limitada autonomía que tienen para circular y su precio elevado (AUVE, 2016). Para eliminar estas barreras, la Directiva 2014/94/UE establece que los Estados miembros harán lo necesario para crear un número “adecuado” de puntos de recarga accesibles al público antes del año 2020. Esta directiva forma parte de la hoja de ruta para reducir de aquí a 2050 un 60% las emisiones de CO₂ del transporte (Libro Blanco del Transporte, 2011).

Con una población de 845.195 habitantes (ISTAC, 2016), la isla de Gran Canaria recibe en un solo año una cantidad de turistas equivalente a la población de Lituania o Albania (Confederación Canaria de Empresarios, 2016). Esto supone que aproximadamente 4 millones de personas (entre turistas y canarios) pueden desplazarse cada año, en una o más ocasiones, a espacios protegidos que en la Isla representan el 42,8% del territorio.

ANTECEDENTES

COMPLEJIDAD COMPUTACIONAL: UNA PREGUNTA DE UN MILLÓN DE DÓLARES

Del punto de vista computacional se dice que un problema es decidible cuando existe un algoritmo para su resolución. Según el tiempo que emplee el algoritmo en encontrar la solución, Cobham (1965) distingue entre (a) los problemas decidibles que se resuelven en tiempo polinomial, también llamados problemas “P” (del inglés “*Polynomial*” time); y (b) los problemas decidibles que no pueden ser resueltos en tiempo polinomial, conocidos como los problemas “NP” (del inglés “*Nondeterministic Polynomial*” time). Por definición,



en los problemas NP no es fácil encontrar una solución en tiempo polinomial, aunque se podría comprobar fácilmente en algunos casos si una posible solución es o no correcta. La manera de resolver los problemas NP en tiempos razonables es desestimando o aceptando a ritmo polinomial soluciones hipotéticas (Cook, 1971), una manera es utilizando algoritmos que simulen la evolución biológica, son los denominados algoritmos genéticos (Holland, 1975; Goldberg, 1989). Podemos concluir que $P \subseteq NP$ ¿Y al contrario?, ¿todo problema NP es también P? Entonces, la pregunta no contestada ¿es $P=NP$?, se puede expresar de esta otra forma: ¿Todo problema se puede resolver en tiempo polinomial? Si alguien conoce la respuesta debería dirigirse al Instituto Clay de Matemáticas (Cambridge, Massachusetts) para recoger el premio valorado en un millón de dólares porque habrá resuelto uno de los 7 Problemas del Milenio sin resolver.

Un caso de problema NP es el del “agente viajero” (Fishburn y Pollak, 1983) conocido por sus siglas en inglés como TSP (*Travelling Salesman Problem*). Un método seguro para encontrar el camino que haga que el agente recorra la menor distancia posible es comprobar uno a uno todos los caminos. Este método lleva “tiempo factorial”: $t = n!$; impracticable a partir de n igual a 20 (ciudades o miradores).

UN POCO DE BIOLOGÍA: LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

En tiempos de la Revolución Industrial, Malthus (1798) predijo que no habría alimentos para todos y con ella una continua “lucha por la existencia”. En medio de esta lucha tiene lugar la “supervivencia de los más aptos”. Para Darwin (1859) los más aptos son quienes heredan características que favorecen la adaptación al entorno. En el caso de las jirafas, por ejemplo, aquéllas que no tienen el cuello suficientemente largo no podrán alimentarse o se alimentarán mal. Su descendencia no estará sana, o será menos numerosa, ya que no podrá alimentar correctamente a sus crías. Quedaba aún por resolver la cuestión de cómo se transmite a las siguientes generaciones las características que hacen más aptos a los individuos. Mendel (1865) comprobó que los alelos no se mezclan, pero no ofreció una explicación sobre la evolución de las especies. Hoy sabemos que sin mutaciones no hay evolución (De Vries, 1901). Más tarde, Watson y Crick (1953) descubrieron que los genes están en los “cromosomas”.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

El actual trabajo de investigación se basa en la hipótesis de que es posible proporcionar soluciones con bajos tiempos computacionales, en comparación a los métodos de Fuerza Bruta o de búsqueda exhaustiva, aplicando la metodología de los algoritmos genéticos al problema del “agente viajero” (o problema TSP).



OBJETIVOS

Dado n miradores, pretendo diseñar la ruta más corta para visitar todos los miradores de una sola vez utilizando como medio de transporte los vehículos eléctricos. Se trata de un problema que tiene $n!$ (n factorial) posibles soluciones, entre las cuales deseamos escoger la mejor: la ruta más corta. Es un problema de optimización combinatoria difícil de resolver ya que a medida que aumenta n , aumenta de forma exponencial el número de soluciones posibles. Puede comprobarse que por cada mirador nuevo que incorporemos, el número de rutas se multiplica por el factor n . En el caso concreto de terminar en el mismo lugar en el que iniciamos el camino, estaremos ante un problema de permutación “circular”, en cuyo caso se considera fija la posición de uno de los elementos (por ejemplo, el mirador de partida). Así, los $n - 1$ miradores restantes podrán cambiar de lugar $(n - 1)!$ veces.

Para alcanzar este objetivo es necesario alcanzar, a su vez, 4 objetivos específicos:

- **Objetivo 1.** Generar información cartográfica de los miradores de Gran Canaria.
- **Objetivo 2.** Seleccionar los miradores aptos para formar parte de la red de miradores con estaciones de recarga para vehículos eléctricos
- **Objetivo 3.** Plantear la formulación matemática del problema.
- **Objetivo 4.** Implementar la metodología desarrollada en el lenguaje de programación de MATLAB para dar solución al problema mediante algoritmos genéticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar dichos objetivos creé una base de datos con los siguientes registros: (a) los miradores de la web del Patronato de Turismo de Gran Canaria, y (b) las coordenadas geográficas de cada mirador. A continuación, mediante las aplicaciones de la versión 10 de ArcGIS Desktop creé un archivo *shapefile* de puntos georreferenciados. Sobre dicha capa cartográfica añadí otra consistente en una imagen ráster de la Isla, obtenida del visor web “visor.idegrancanaria.es”. Una vez creada la cartografía de los miradores de Gran Canaria (objetivo 1), me dispuse a evaluar qué miradores eran aptos para formar la red y cuáles no, habiendo seleccionado 20 de entre los 32 miradores existentes (objetivo 2).

Antes de ejecutar el algoritmo genético, fue necesario desarrollar las ecuaciones matemáticas (objetivo 3). Otras ecuaciones sirvieron para forzar que la entrada y la salida en cada mirador fuera solo una y también para eliminar la posibilidad de que se generaran subtours a lo largo del camino. La formulación del problema incluye las expresiones matemáticas (1), (2) y (3) y (4) que se indican a continuación.



Función objetivo:

$$(1) \quad X_{ij} = \{0,1\}$$
$$\text{Min } C = \sum_{i \neq j, (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, n)} c_{ij} x_{ij}$$
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i} c_{ij} = 100.000$$

Restricciones:

$$(2) \quad \sum_{i \neq j} x_{ij} = 1 \quad \text{Al mirador "j" solo se puede llegar desde un único mirador de origen "i" y no desde varios.}$$
$$(3) \quad \sum_{j \neq i} x_{ij} = 1 \quad \text{Desde el mirador "i" sólo se puede salir una vez a cualquier otro mirador "j".}$$
$$(4) \quad u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad 2 \leq u_i \leq n \quad (i = 2, 3, \dots, 20) / u_0 = 1$$
$$2 \leq i \neq j \leq n; i \neq j$$

El pseudocódigo utilizado para implementar en MATLAB el algoritmo genético (objetivo 4) fue el siguiente:

1. [Inicio] Generar una población aleatoria de n cromosomas.
2. [Fitness] Evaluar el fitness $f(x)$ para cada cromosoma x en la población.
3. [Nueva población] Crear una nueva población repitiendo los siguientes pasos hasta que se cumpla la condición de parada.
 - a. [Selección] Seleccionar dos cromosomas padres de una población de acuerdo a su Fitness.
 - b. [Crossover] Con un porcentaje de cruzamiento crear una nueva descendencia.
 - c. [Mutación] Con un porcentaje de mutación modificar la nueva población.
 - d. [Aceptar] Colocar los nuevos descendientes en la nueva población.
4. [Reemplazar] Usar la nueva población generada para una futura corrida del algoritmo.



5. [Test] Si la condición de salida se satisface, parar y retornar la mejor solución para la población actual.

6. [Loop] Regresar al paso 2.

La población inicial fue de 60 individuos, cada individuo es un cromosoma. Dado que son 20 los miradores aptos, cada cromosoma ha de tener 20 genes. Todos los cromosomas tuvieron el mismo mirador de partida, ya que en un camino circular hay individuos que son aparentemente diferentes, por tener diferentes miradores de partida, pero que en realidad representan rutas idénticas.

Usando la analogía de la supervivencia de los más aptos, en los AG se califica cada solución de acuerdo a una función de aptitud (o función fitness). Teniendo en cuenta que el objetivo de este trabajo es visitar todos los miradores minimizando la distancia recorrida, la evaluación de la aptitud de un individuo es un vector que contiene las distancias que recorre cada individuo, i.e., en cada ruta. El más apto será el individuo que contenga la ruta más corta de todas.

La función de selección es la encargada de elegir a los individuos que harán de progenitores para la nueva generación, la manera más evidente de hacerlo es escogiendo siempre al mejor. Sin embargo, para evitar que rápidamente aparezcan súper individuos que se eligen una y otra vez (óptimo local), se escogen n individuos al azar para que compitan entre sí, asignando una probabilidad de selección a cada individuo en función de su valor de fitness y dejando que sea el azar quien decida.

Evidentemente la probabilidad de ser elegido será mayor cuanto mejor sea el individuo, pero aun así todos tendrían posibilidades de ser vencedores. MATLAB selecciona el 50% de la población con el mejor desempeño, realiza un torneo entre los individuos e implementa un tipo ruleta entre la población.

La función de cruce en un punto es la más simple de todas. Se escoge un punto al azar del cromosoma, dando lugar a dos secciones, que seguidamente se intercambian entre los progenitores. En generaciones posteriores a la inicial, la población se compone de los individuos fruto del cruce (y de la mutación, en caso de darse).

La mutación se hace para que ningún punto del espacio de búsqueda tenga probabilidad cero de ser examinado. Se define una cierta probabilidad (pm) de que un gen pueda ser mutado, el problema radica en seleccionar un valor apropiado para esta probabilidad. Un valor demasiado alto haría crecer enormemente la diversidad genética y convertiría la optimización en una mera búsqueda aleatoria. Por el contrario, un valor demasiado bajo reduciría la diversidad dejando al algoritmo a merced del primer óptimo local en el que cayera. El operador mutación consiste en generar un valor aleatorio entre 0 y 1 y compararlo con la probabilidad de mutación (pm). En caso de ser menor se procede a alterar al individuo. El proceso de mutación puede crear individuos mejores



o peores, sin embargo, los procesos de selección se encargarán de mantener las soluciones más aptas.

Como nadie puede saber de antemano la solución a la que debemos llegar, hay que establecer un criterio de detención del AG. El criterio utilizado fue que el AG corriera un número máximo de 500 generaciones.

RESULTADOS

En el momento de realización del trabajo, el cómputo de miradores en la Isla de Gran Canaria fue de 32: Mirador Barranco de Azuaje 1, Mirador Barranco de Azuaje 2, Mirador la Cruz Grande 1, Mirador la Cruz Grande 2, Mirador Roque Nublo – Presa de los Hornos, Mirador el Mulato, Mirador Montaña de Arucas, Mirador de la Marquesa de Arucas, Mirador de las Canteras (Arucas), Mirador Andén Verde, Mirador Barranco de las Madres, Mirador de Las Pellas, Mirador Plaza de San Roque, Mirador Paseo Playa de la Garita, Mirador Paseo Punta de los Castellanos - Taliarte, Mirador Paseo de Taliarte, Mirador playa de las Salinetas, Mirador Playa de Tufia, Mirador de Inagua, Mirador Pinos de Gáldar, Mirador Degollada Becerra, Mirador Caldera de los Marteles, Mirador Degollada de las Palomas, Mirador del Pico de los pozos de la Nieve, Mirador la Crucita, Mirador Roque Bentayga, Mirador el Ingenio, Mirador el Guriete, Mirador Degollada de las Yeguas, Mirador La Sorrueda y Mirador de las Tederas. También se considera para este análisis el Parador de la Cruz de Tejeda. Ante la ausencia de cartografía, se elaboró un mapa en el sistema de proyección WGS 1984 UTM 28N.

Del conjunto de 32 miradores que actualmente existen, resultaron ser aptos tan solo veinte de ellos. Tras una corrida de 500 generaciones, el individuo que minimizó la función fitness por representar la distancia más corta a lo largo de su recorrido, i.e., 290,10 kilómetros, fue el siguiente: 1-15-12-3-4-18-19-17-16-13-2-14-5-9-7-8-20-6-11-10. Dicho individuo se corresponde con el recorrido por los miradores de Gran Canaria en el orden que se indica a continuación: Mirador Andén Verde - Mirador el Mulato - Mirador de Roque Bentayga - Mirador Degollada de la Yegua - Mirador de Las Tederas - Mirador la Sorrueda - Mirador el Guriete - Mirador el Ingenio - Mirador La Cruz Grande - Mirador Presa de Los Hornos - Mirador Caldera de los Marteles - Mirador Degollada de La Yegua - Mirador Degollada de Becerra - Mirador Las Pellas - Mirador de Montaña de Arucas - Mirador de La Plaza de San Roque - Parador de La Cruz de Tejeda - Mirador Pico de la Gorra - Mirador los Pinos de Gáldar - Mirador de la Crucita.

Podemos observar que la distribución geográfica de los miradores seleccionados es como sigue: el 40%, con un total de ocho miradores, se encuentra en la zona centro de la Isla en los municipios de Artenara, Tejeda y la Vega de San Mateo; el 35% de los mismos hace referencia a siete miradores pertenecientes a los municipios de la zona suroeste de Gran Canaria como La Aldea de San Nicolás, San Bartolomé de Tirajana, Santa Lucía de Tirajana y Mogán; el 20%



incluye a cuatro miradores repartidos en la ruta del Norte de la Isla que transcurre por los municipios de Arucas, Firgas y Gáldar; el último de los miradores candidato se halla en la zona este de Gran Canaria al encontrarse en el municipio de Valsequillo. Hay que destacar que el escaso número de miradores que representan al este de Gran Canaria se debe a que cinco de los doce miradores considerados no aptos, se encuentran en el municipio de Telde.

CONCLUSIONES

Del análisis de la cartográfica de los miradores (objetivo 1) se extrae que un 75% de los miradores aptos para formar la red están localizados en la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria. Resulta más relevante aun cuando es sabido que la Reserva ocupa casi un tercio de la Isla al albergar los siguientes municipios (Ramos-Melo, González y González del Campo, 2016): La Aldea de San Nicolás, Tejeda y Artenara; la totalidad del territorio situado a una altitud por encima de 300 metros en San Bartolomé de Tirajana, Mogán y Agaete; y una pequeña parte de la Vega de San Mateo que se incluye en el Parque Rural de El Nublo. Por tanto, se concluye que el acceso por carretera a los miradores transcurre por entornos de enorme diversidad biológica. Conviene no olvidar que el uso del viario tiene un gran impacto en la contaminación atmosférica, en la generación de ruido, en la impermeabilización de los suelos o en el aumento de temperatura, entre otros factores.

A la hora de diseñar la red de estaciones para vehículos eléctricos en los miradores (objetivo 2) llamó la atención que la gran mayoría de los puntos de recarga situados en viario público están localizados en las principales ciudades; pocas actuaciones han sido desarrolladas fuera de las zonas urbanas. Mientras las recargas de las baterías no sean de larga duración se hace necesario contar con una amplia infraestructura de recarga en zonas no urbanas, de ahí que sea fundamental el apoyo de las Administraciones Públicas con competencias para autorizar o no su instalación en la vía pública. Ahora bien, teniendo en cuenta que la ruta cuasi-óptima para visitar los miradores de Gran Canaria recorre una distancia de 290,10 km, los superchargers constituyen una gran oportunidad para visitar todos los miradores con autonomía suficiente en la batería (Eckl-Dorna, 2015): 270 km (o más) con tan solo 30 minutos de recarga. Ya son aproximadamente 15 las estaciones de superchargers de Tesla que están operativas en España (véase https://www.tesla.com/en_GB/destination-charging). Ninguna existe hasta ahora en el archipiélago canario.

Con la resolución mediante algoritmos genéticos del problema TSP que nos hemos planteado (objetivos 3 y 4) se ha logrado demostrar la hipótesis de que es posible solucionar con bajos tiempos computacionales un problema “NP computacional” para el cual no es posible obtener la solución óptima en un tiempo polinomial. Otra ventaja de los algoritmos genéticos es que no es necesario tener conocimiento previo (del problema) ya que la solución se consigue introduciendo cambios aleatorios en las soluciones candidatas, y utilizando



luego la función de aptitud para determinar si esos cambios producen una mejora. Todos los caminos de búsqueda posibles están abiertos sin tener que renunciar a ninguno. Aunque podemos concluir que la solución obtenida con los algoritmos genéticos es una buena solución, no estamos seguros de que sea la solución mejor de todas. Una clara limitación de los algoritmos genéticos es saber cuán cerca estamos de encontrar la solución. Tampoco existe respuesta sobre cuáles son los parámetros del algoritmo genético más adecuados para cada problema (tamaño de la población, probabilidad de cruce, etc.). Lo mismo sucede con el criterio de detención del algoritmo en cada caso particular. En este sentido, diferentes simulaciones pueden generar diferentes resultados. Se abre así la posibilidad a que en futuras investigaciones se apliquen los árboles de decisión o las redes neuronales al problema del agente viajero.

A la vista de los resultados, teniendo en cuenta que el 42,8% del territorio insular es espacio protegido, las principales recomendaciones del trabajo van dirigidas a las autoridades y a la población en general. A las autoridades, para que doten a los 20 miradores de “infraestructuras sostenibles” con puntos de recarga eléctrica de aquí a 2020 en cumplimiento con la Directiva 2014/94/UE y con el Objetivo de Desarrollo Sostenible Número 9 pactado en la Agenda Post-2015. A la población (visitantes y residentes), para que se desplace a los miradores grancanarios siguiendo la ruta más corta encontrada hasta el momento. Dicha ruta supone una solución satisfactoria (no necesariamente la mejor) para poner “freno a la pérdida de diversidad biológica” tal y como establece el Objetivo de Desarrollo Sostenible Número 15 de la Agenda Post-2015.

Finalmente, una cuestión polémica es si la evolución optimiza o no (Rodríguez, 2009). Existen indicios de esta optimización, por ejemplo, a través de la ramificación de las arterias se optimiza la energía extraída de los alimentos. Pero surgen otras preguntas: ¿Cómo puede ser que un ejército de hormigas o abejas (que no se reproducen) trabajen para una reina (la cual sí se reproduce)? O, ¿quién es más apto: el que mejor compite o el que mejor se coordina con otros? (Ridley, 1993).

BIBLIOGRAFÍA

- AUVE (2016), *La Asociación de Usuarios de Vehículos Eléctricos propone una red de puntos de carga para Gran Canaria. Híbridos y eléctricos* [en línea], disponible en: <http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/asociacion-usuariosvehiculos-electricos-propone-red-recarga-grancanaria/20160407130429011638.html>, [consultado el 31/07/2017].
- Cobham, Alan (1965), “The Intrinsic Computational Difficulty of Functions. Logic, Methodology and Philosophy of Science. In Yehoshua Bar-Hillel” (ed.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science: Proceedings of the*



- 1964 *International Congress* (Studies in Logic and the Foundations of Mathematics), Amsterdam, North-Holland Publishing, pp. 24-30.
- Confederación Canaria de Empresarios Las Palmas (2016), “Actividad del Sector Turístico”, en *Informe Anual de la Economía Canaria 2015* [en línea], disponible en: <http://www.ccelpa.org/informe-anual/IA2016/InformeAnual2016.html>, [consultado el 11/09/2017].
- Cook, Stephen (1971), “The Complexity of Theorem-Proving Procedures”, *III Annual Annual ACM Symposium on Theory of Computing, Ohio*, 3-5 May 1971, pp. 151-158.
- Darwin, Charles (1859), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, Londres, John Murray, pp. 1-502.
- De Vries, Hugo (1901), *Die Mutationstheorie*, Leipzig, Veit & Co, 2 vols, pp.1-752.
- Eckl-Dorna, Wilfried (2015), *Manager Magazin: Audi Macht Ernst Mit 500-Kilometer-Elektroauto* [en línea], disponible en: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/audis-elektro-suv-gegen-tesla-samsung-lg-liefern-batterie-a-1047996.html>, [consultado el 02/06/2017].
- Fishburn, Peter y Pollack, Henry (1983), “Fixed Route Cost Allocation”, *American Mathematical Monthly*, 90, 366-378.
- Goldberg, David (1989), *Genetic Algorithms in Search, Optimizations and Machine Learning*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley.
- Holland, John (1975), *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Ann Arbor, University of Michigan Press, pp. 1-183.
- ISTAC (2016), “Población Según Indicadores. Islas de Canarias y años” [en línea], disponible en: <http://www.gobiernodecanarias.org/istac> [consultado el 28/04/2017].
- Libro Blanco del Transporte (2011), *Hoja de Ruta hacia un Espacio Único Europeo de Transporte: por una Política de Transportes Competitiva y Sostenible*, Luxemburgo, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, pp. 1-32.
- Malthus, Thomas (1798), *Population: The First Essay*, Ann Arbor, Michigan, The University of Michigan Press.
- Mendel, Gregor (1865), “Versuche über Pflanzen-Hybriden”, *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins zu Brünn*, 4, pp. 3-47.
- Miller, Clair, Tucker, Albert y Zemlin, Richard (1960), “Integer Programming Formulation of Travelling Salesman Problems”, *Journal of Association for Computing Machinery*, 7, pp. 326-329.



Ramos-Melo, Juan José, González, Daniel y González del Campo, Pedro (2016), *Guía de Ecoturismo de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria. Reserva de la Biosfera de Gran Canaria*, Canarias, Cabildo de Gran Canaria, Servicio de Medio Ambiente, Biding Canarias S.L.U.

Ridley, Mark (1993), *Evolution*, Cambridge, Massachusetts, Blackwell Science, pp. 1-751.

Rodríguez, Julio Alberto (2009), *El Paradigma ¿o cuento?, de la Evolución. Una Investigación Científico-Cristiana*. Woodside, New York, Editorial Nueva Vida Inc.

Watson, James y Crick, Francis (1953), "Genetic Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid", *Nature*, 171, pp. 964-967.

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)

Video explicativo [30º Certamen Jóvenes Investigadores](#)



Evaluación de la eficiencia de las pinturas fotocatalíticas en la disminución de compuestos orgánicos volátiles (COVs)

/ SEGUNDO PREMIO

AUTORA | MARÍA FRANCÉS TRUJILLO

COORDINADORA | BLANCA LÓPEZ FERNÁNDEZ

CENTRO | IES MARGARITA SALAS

CIUDAD | MAJADAHONDA

RESUMEN |

En este trabajo se estudia el proceso fotocatalítico, en el cual se produce la aceleración de una fotorreacción mediante un catalizador, dióxido de titanio (TiO_2). Se ha realizado el análisis de una pintura fotocatalítica aplicada en paramentos verticales, en distintas condiciones. La metodología seguida incluye electrónica y Tecnologías de la Información (TICs) para la toma y procesado de datos y la implementación con una maqueta para reproducir las condiciones de los experimentos. Tras el análisis de los datos obtenidos, se ha concluido que la pintura fotocatalítica analizada es eficiente en la reducción de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs).

Palabras clave: Calidad del aire interior, fotocatalisis, fotocatalizador, luz solar o visible, luz ultravioleta, COVs, óxido de titanio, arduino, MQ135, DHT11.

ABSTRACT |

In this work the photocatalytic process is studied, in which the acceleration of a photoreaction takes place by means of a catalyst, titanium dioxide (TiO_2). The analysis of a photocatalytic paint applied in vertical paraments, in different conditions, has been carried out. The methodology followed includes electronics and Information Technology (ICTs) for the taking and processing of data and implementation with a model to reproduce the conditions of the experiments. After the analysis of the obtained data, it has been concluded that the analyzed photocatalytic paint is efficient in the reduction of Volatile Organic Compounds (VOCs).

Keywords: Indoor air quality, photocatalysis, photocatalyst, sunlight or visible light, ultraviolet light, VOCs, titanium oxide, arduino, MQ135, DHT11.



INTRODUCCIÓN. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El desplazamiento de los sistemas de producción hacia el sector servicios, la concienciación medioambiental basada en criterios de eficiencia energética y la utilización de materiales y productos químicos en construcción y en múltiples actividades cotidianas que se desarrollan en ambientes interiores, están causando un deterioro en la calidad del aire. Las enfermedades asociadas a los contaminantes presentes en atmósferas interiores no suelen ser muy graves, pero ocasionan un aumento del absentismo laboral.

Entre los contaminantes de aire interior, destacan los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs). Son un grupo de compuestos con base química de carbono que se volatilizan a temperatura ambiente. Las fuentes exteriores de emisión son las combustiones en vehículos, calderas e industrias. En ambientes interiores proceden de materiales de construcción, decoración, de productos de higiene y desinfección.

La emisión de estos compuestos varía en concentración, en grado de permanencia en el ambiente, siendo habitual su disminución de forma exponencial con el transcurso del tiempo. También influyen factores ambientales como: temperatura, luz, humedad, y la capacidad de renovación de aire de los espacios. Los efectos de la salud que pueden causar se expresan desde molestias olfativas, náuseas, irritación de mucosas hasta lesiones en hígado, riñones y sistema nervioso central. En casos extremos pueden producir efectos carcinógenos y teratogénicos.

Una de las tecnologías encaminadas a la reducción del nivel de COVs es la fotocatalísis.

En la tecnología fotocatalítica convergen tres factores: un fotocatalizador (TiO_2), un oxidante y luz, ya sea ultravioleta o visible.

La fotocatalísis es una reacción fotoquímica, catalogada como un proceso de oxidación avanzada, que utiliza la energía solar para reducir los contaminantes medioambientales, de origen orgánico o inorgánico, mediante un proceso de oxidación, activado por la energía solar.

La fotocatalísis que utiliza TiO_2 consiste en la formación de radicales hidroxilos ($-\text{OH}$), por medio de la activación de un catalizador (Figura 1).

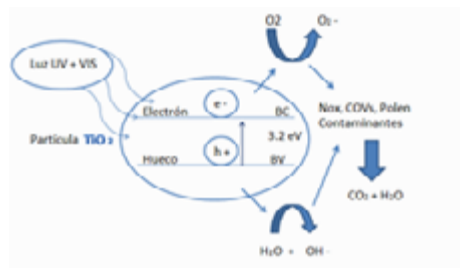
La fotocatalísis se puede dar en presencia de luz solar o de luz artificial; esta última tiene una ventaja y es que se puede utilizar escogiendo la longitud de onda que excite al fotocatalizador. Éste es un material semiconductor en el cual aumenta la conductividad debido a la luz y acelera la velocidad de la reacción de oxidación que se lleva a cabo en su superficie. El TiO_2 es química y biológicamente inerte y posee un GAP fácilmente excitable con luz UV de 3,2 eV, de longitud de onda $\lambda < 400$ nm, aportada por luz solar.



Figura 01

Mecanismo de fotocatalisis.

Fuente:
Elaboración propia.



Debido a que la contaminación en espacios interiores puede causar problemas de salud, se hace necesaria la reflexión, el análisis y la investigación. De esta reflexión resulta la finalidad del presente proyecto, en el contexto de la búsqueda y análisis de tecnologías eficientes para el control de calidad de aire interior.

OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo de investigación fue determinar la eficiencia de la pintura fotocatalítica en la disminución de los niveles de COVs en el aire interior.

Asimismo, se quiso analizar el proceso de fotocatalisis, y la influencia en el mismo de la luz, la temperatura y las condiciones de renovación de aire. Por último, era objetivo de este trabajo el diseño de un sistema de detección y medida de COVs mediante Arduino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el estudio completo de la eficiencia de las pinturas fotocatalíticas se realizó una serie de experimentos en diferentes condiciones de temperatura, luz y renovación de aire. Se construyó una maqueta, se implementó con el equipo de control necesario (Figura 2), en la que se pudieran realizar las mediciones de la concentración de volátiles ambientales, y comparar espacios tratados con pinturas fotocatalíticas con otros sin tratar. El único condicionante en el diseño fue tener dos habitáculos idénticos (recintos 1 y 2) en forma y tamaño, uno de ellos con paramentos verticales cubiertos con pintura fotocatalítica para interiores, según la ficha técnica del fabricante.

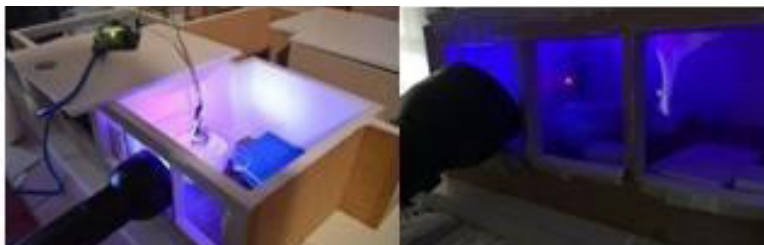
Se realizaron dos programas en Arduino, uno para el control de la concentración de COVs y otro para el control de la humedad y de la temperatura. Los datos recogidos, cada 10 minutos, se exportaron para ser graficados y analizados. Para la determinación de la concentración de volátiles en los recintos a controlar (Figura 2) se utilizan los siguientes equipos: sensor de gases MQ135, sensor de temperatura y humedad DHT11, Placa Arduino Uno Rev 3 y ordenador con el *software* necesario.



Figura 02

Maqueta y proceso de toma de datos.

Fuente: Elaboración propia.



EXPERIMENTACIÓN. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se procedió a la sobreexposición continua y durante un mes, a productos de limpieza y desinfección de los recintos 1 y 2, donde iba a realizar el control de la concentración de COVs. Cada recinto fue sometido a una exposición puntual de acetona, previa al experimento, añadiendo 10 ml en algodón impregnado, en un envase de cristal abierto.

Se diseñaron cinco experimentos distintos para el análisis de la influencia de varios parámetros sobre la eficiencia de la pintura fotocatalítica en la disminución de COVs. Estos parámetros fueron: la luz natural o ultravioleta, la capacidad de renovación de aire y la temperatura.

Dichos experimentos fueron:

- **Experimento I:** luz natural, sin renovación de aire y a temperatura ambiente (22 °C).
- **Experimento II:** luz natural, con renovación de aire y a temperatura ambiente.
- **Experimento III:** luz ultravioleta, sin renovación de aire y a temperatura ambiente.
- **Experimento IV:** luz ultravioleta, con renovación de aire y a temperatura ambiente.
- **Experimento V:** luz ultravioleta, sin renovación de aire y a 37 °C de temperatura.

Para cada experimento se representan los resultados de las concentraciones de COVs (mg/L) a lo largo del tiempo en dos gráficas, correspondientes a los recintos 1 (no tratado con pintura fotocatalítica) y 2 (tratado con pintura fotocatalítica), además de una tercera gráfica con su representación conjunta para su comparación.

EXPERIMENTO I

Condiciones del experimento:

- Humedad 44%
- Temperatura ambiente 22 °C
- Luz natural
- Recintos cerrados, sin renovación de aire
- Tiempo de observación y registro 5 horas



Los resultados obtenidos se muestran gráficamente en las Figuras 3, 4 y 5.

Se dio una evolución de concentración de volátiles muy similar en ambos recintos: se alcanzaron máximos de volátiles cerca de 90 mg/L a los 140 minutos de exposición, bajando en el recinto 1 hasta 35,48 mg/L al cabo de 5 horas. En el recinto 2 se alcanzaron concentraciones mucho menores, de 3,4 mg/L de COVs.

Figura 03

Recinto 1 (mg/L COVs).

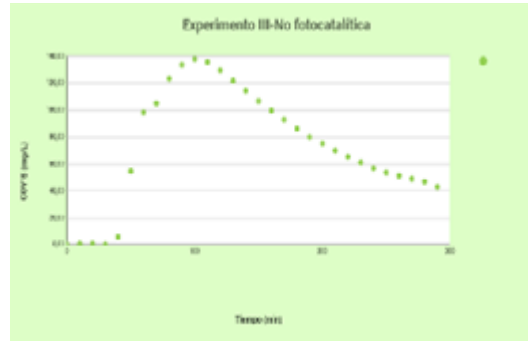


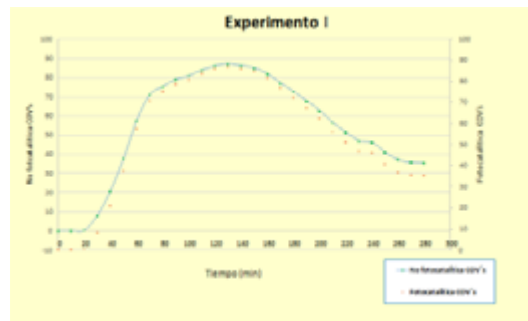
Figura 04

Recinto 2 (mg/L COVs).



Figura 05

Comparación recintos (mg/L COVs).



Dado que la fotocatalisis se produce de forma óptima con luz de longitud de onda inferior a los 400 nm, este resultado era esperable (diciembre).



EXPERIMENTO II

Condiciones del experimento:

- Humedad 44%
- Temperatura ambiente 22 °C
- Luz natural
- Recintos abiertos, con renovación de aire
- Tiempo de observación y registro 80 minutos

Los resultados obtenidos se muestran gráficamente en las *Figuras 6, 7 y 8.*

Figura 06

Recinto 1 (mg/L COVs).



Figura 07

Recinto 2 (mg/L COVs).

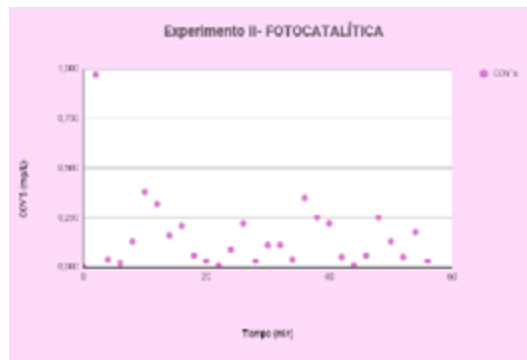


Figura 08

Comparación recintos (mg/L COVs).





Se observó una elevada dispersión de datos en ambas gráficas, así como valores de concentración de volátiles muy pequeños debido a las condiciones de recirculación de aire de los recintos abiertos. A pesar de ello, en el recinto 2 se detectaron concentraciones menores, llegando a los 0 mg/L en 56 minutos.

Esto confirma que, incluso con renovación de aire en espacios interiores, sigue siendo apreciable la eficiencia de la pintura.

EXPERIMENTO III

Condiciones del experimento:

- Humedad 44%
- Temperatura ambiente 22 °C
- Luz artificial forzada, (ultravioleta)
- Recintos cerrados, sin renovación de aire
- Tiempo de observación y registro 5 horas

Los resultados obtenidos se muestran gráficamente en las *Figuras 9, 10 y 11*.

Figura 09

Recinto 1 (mg/L COVs).

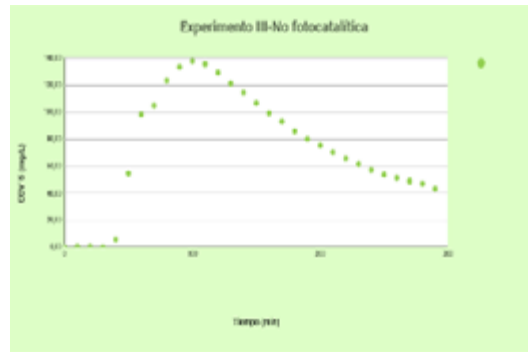


Figura 10

Recinto 2 (mg/L COVs).

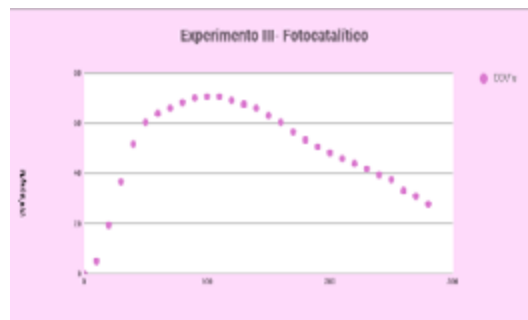
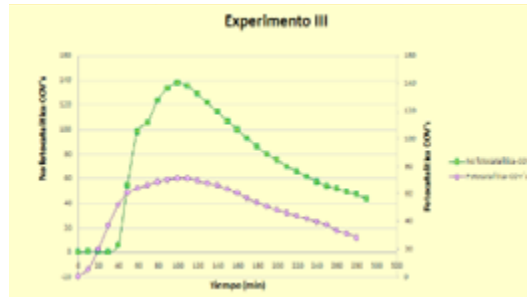




Figura 11

Comparación recintos
(mg/L COVs).



En este experimento puede observarse cómo los niveles de concentración de COVs alcanzaron a los 120 minutos un máximo de 137,83 mg/L para el recinto 1, mientras que en el recinto 2, no superaron los 70 mg/L. La disminución de COVs fue mayor que en el experimento I, con luz natural.

Al término del periodo de experimentación (5 horas) la concentración disminuyó hasta 30 mg/L.

Todo ello pareció indicar que la luz ultravioleta era un factor muy favorecedor en el efecto fotocatalítico.

EXPERIMENTO IV

Condiciones del experimento:

- Humedad 44%
- Temperatura ambiente 22 °C
- Luz artificial forzada (ultravioleta)
- Recintos abiertos, con renovación de aire
- Tiempo de observación y registro 5 horas

Los resultados obtenidos se muestran gráficamente en las Figuras 12, 13 y 14.

Figura 12

Recinto 1 (mg/L COVs).

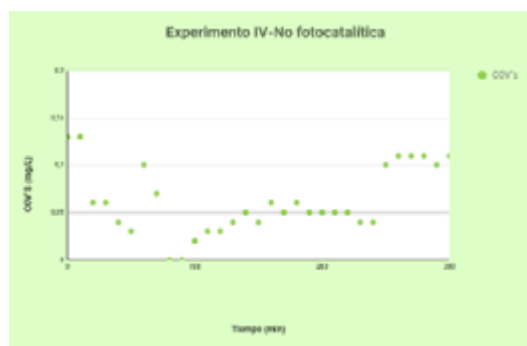




Figura 13

Recinto 2 (mg/L COVs).

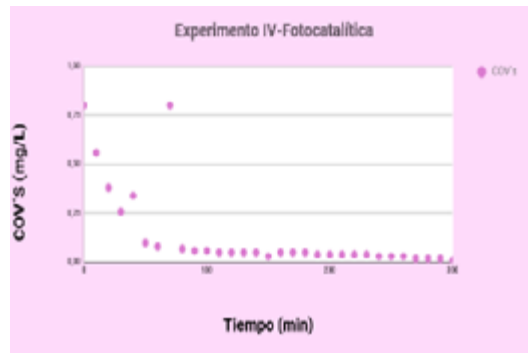
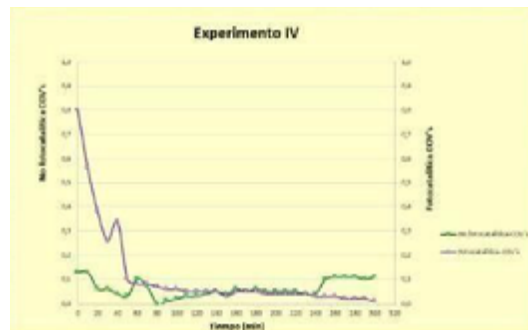


Figura 14

Comparación recintos (mg/L COVs).



Se observó un descenso fuerte de la concentración de volátiles en los primeros 60 minutos, a partir de los cuales se produjo una estabilización de los niveles de volátiles en concentraciones muy bajas debidas a la renovación del aire. A partir de las 4 horas, la concentración COVs en el recinto 2 descendió hasta valores prácticamente nulos, mientras que, en el recinto 1, los valores se estabilizaron en valores algo superiores (0,1 mg/litro) que en el recinto 2.

La dispersión de datos fue mucho menor que en el Experimento II, con renovación de aire, pero con luz natural, lo que pone de manifiesto que la luz es un factor decisivo en las reacciones de fotocatalisis.

EXPERIMENTO V

Condiciones del experimento:

- Humedad 44%
- Temperatura forzada 37 °C
- Luz artificial forzada (ultravioleta)
- Recintos cerrados, sin renovación de aire
- Tiempo de observación y registro 5 horas



Los resultados obtenidos se muestran gráficamente en las Figuras 15, 16 y 17.

Figura 15

Recinto 1 (mg/L COVs).



Figura 16

Recinto 2 (mg/L COVs).

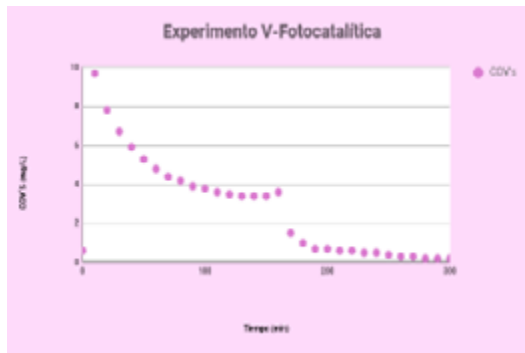
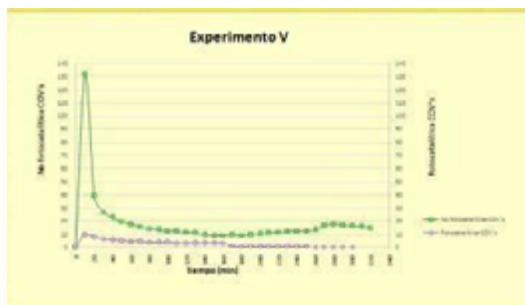


Figura 17

Comparación recintos (mg/L COVs).



En este experimento se comprobó que a una temperatura de 37 °C la concentración de volátiles en ambos recintos fue menor que a temperatura ambiente y la habitación con tratamiento fotocatalítico alcanzó la concentración mínima en menos tiempo.

Aunque estudios previos indican el rango óptimo de eficiencia fotocatalítica comprendido entre 40 y 80 °C, es notorio ya el efecto de la temperatura con valores próximos, aunque inferiores a 40 °C.



CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la experimentación, se puede concluir que: La luz es el factor fundamental en las reacciones de fotocatalisis.

1. Cuando los niveles de luz natural no son capaces de desencadenar el efecto fotocatalítico, es conveniente implementar luz artificial UV.
2. La renovación de aire enmascara el efecto de la pintura fotocatalítica.
3. La superposición de varios factores con efecto positivo en la reducción de COVs refuerza la eficiencia de las pinturas fotocatalíticas.
4. La temperatura aumenta claramente la velocidad de las reacciones fotocatalíticas, reduciendo las concentraciones de COVs en menos tiempo.
5. La pintura fotocatalítica objeto de la experimentación es eficiente para minimizar las concentraciones de COVs en ambientes de interior.

BIBLIOGRAFÍA

- Benigno Sánchez, Ana Isabel Cardona, J. P. y M. I. L. (2001), "Purificación de gases por fotocatalisis heterogénea", *Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea*, pp. 27-50, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/wtwPEd>, [consultado el 07/07/2017].
- Berenguer-Subils, M. J. (2003), "NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo", *Notas Técnicas de Prevención*. INSHT, pp. 1-8, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/6VHCmj>, [consultado el 07/07/2017].
- Cortés, C., Cadenas, J. M., Pérez, A., Costa, A., Santiago, J. y Feroso, J. (2011), "Nanomateriales activos para la reducción de gases de combustión (Proyecto Fénix)", pp. 193-210, [en línea], disponible en: <http://proyectofenix.es>, [consultado el 12/07/2017].
- Elías, A., Rogero, S., Fernández, I., Montes, J., Luengas, T. y Gurtubay, L. (2012), "Contribución de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) a la contaminación de aire interior", [en línea], disponible en: <https://goo.gl/UooNWV>, [consultado el 13/07/2017].
- Fujishima, A. y Honda, K. (1972) "TiO₂ photoelectrochemistry and photocatalysis", *Nature*, 213(1998), p. 8656, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/i9az1D>, [consultado el 12/07/2017].
- Guardino, X. (2010), "Calidad del Aire Interior", Salud y seguridad en el trabajo, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/zNyRWK>, [consultado el 12/07/2017].



- Junta de Andalucía. Consejería de Educación. (2008), “Seguridad y salud laboral docente: síndrome del edificio enfermo”, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/33gLpy>, [consultado el 13/05/2017].
- Lisbona, L. (2016), *Materiales fotocatalíticos y sus aplicaciones en construcción*, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/BXnnvc>, [consultado el 13/07/2017].
- Llamas, L. (2016), *Detector de gases con Arduino y la familia de sensores MQ*, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/4bU7xF>, [consultado el 13/05/2017].
- Morales, Marta I, Blanco Acevedo, V. y García Nieto, A. (2010), “Calidad del aire interior en edificios de uso público”, Dirección General de Ordenación e Inspección. Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid., pp. 1-98, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/TLa8yw>, [consultado el 18/07/2017].
- Nacional, C. y Trabajo, D. E. C. D. E. (2005),”NTP 521 : Calidad de aire interior: emisiones de materiales utilizados en la construcción, decoración y mantenimiento de edificios”, *English*, pp. 1-14, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/cRuDzd>, [consultado el 14/05/2017].
- Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E., Ceña Callejo, R., (2006), *Edificos saludables para trabajadores sanos, calidad de ambientes interiores*, Junta de Castilla León, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/xUvzEo>, [consultado el 17/07/2017].
- Ruiz Guti, M. (2007),”Manual de programación Arduino”, *Arduino Notebook*, 1, pp. 3-70, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/ajrcGc>, [consultado el 13/05/2017].
- Ruiz Ruiz, Laura; García Sanz, María Peñahora, Green Building Council (2010), “Calidad del ambiente interior”, pp. 1-22, [en línea], disponible en: <https://goo.gl/VCSZay>, [consultado el 12/07/2017].

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)
Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores



Apostando por la sostenibilidad con agro-hormigones: disminución de las emisiones de CO₂, favoreciendo la economía circular en la zona de Valverde de Leganés para solucionar el déficit habitacional

/ SEGUNDO PREMIO

AUTORES | RAÚL PÉREZ LÓPEZ, JUAN ESCALERA ARDILA Y
CARLOS BECERRA VALVERDE

COORDINADORAS | EMILIA ÁNGELA GATA MENA Y MARÍA DEL MAR GÓMEZ TAMAYO
CENTRO | IES CAMPOS DE SAN ROQUE
CIUDAD | VALVERDE DE LEGANÉS

RESUMEN |

El objetivo principal de este trabajo es la fabricación de agro-hormigones utilizando residuos orgánicos de la zona, comprobando la viabilidad de éstos en obra. Pretendemos que sean más ligeros, menos contaminantes y que mejoren sus prestaciones. Hemos utilizado diez residuos orgánicos agrarios diferentes, y se cuantifican los parámetros que determinan el aislamiento acústico, térmico y la resistencia a compresión.

Palabras clave: Agro-hormigones, aislamiento térmico, aislamiento acústico, resistencia de compresión, diseño estadístico de experimentos.

ABSTRACT |

The main objective of this work is to make "agro-concrete" using organic waste from the area, making and curing specimen for test. Our aim is to achieve a lighter, less polluting and better performance in thermal and acoustic performance. We will be using ten different types of organic waste and we will measure the parameters influencing the acoustic and thermal isolation and compression resistance.

Keywords: Agro-concrete, thermal isolation, acoustic isolation, compression resistance, statistic experimental design.



Los problemas relacionados con el calentamiento global y por tanto el ahorro de energía son factores que han contribuido a que se desarrollen a nivel mundial el uso de agregados vegetales para el diseño de materiales de construcción. Nuestro trabajo pretende estudiar la viabilidad de la puesta en obra, de ciertos hormigones fabricados a partir de agregados vegetales, residuos orgánicos de nuestra comunidad, con la intención de crear un nuevo tipo de hormigón más barato y por supuesto más sostenible; por un lado, reduciendo las emisiones de dióxido de carbono en el proceso de fabricación del cemento y por otro, dándole uso a esos residuos agrícolas, que si no se utilizan, se acaban amontonando e incinerando.

La preservación del medio ambiente es una de las principales características del desarrollo sostenible con el deseo de reducir las emisiones en gases de efecto invernadero (GEI). Por la parte que le afecta, el sector de la construcción se enfrenta a importantes desafíos en términos de reducciones de GEI y de consumo de energía mediante el uso de materiales alternativos.

Como alternativa, los materiales a base recursos vegetales tienen un valioso beneficio para la salud, ecológico, habitacional (proporcionando una “auto-regulación” de la humedad, temperatura y sonido) y por otro lado la utilización de materiales sostenibles.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Estudiar la viabilidad de estos hormigones vegetales y su puesta en obra.
2. Introducir a los alumnos en el uso del diseño estadístico de experimentos, como herramienta para averiguar, si unos determinados factores influyen en la variable de interés
3. Poner de manifiesto la utilidad de los agro-hormigón con vista a sus potenciales usos en construcción, con el objeto de encontrar las dosificaciones ideales y la idoneidad de los agregados según las propiedades y las necesidades.
4. Utilizar el diseño de experimentos para determinar la influencia del contenido de cemento y de orgánico en la densidad, resistencia a la compresión, atenuación del sonido y conductividad térmica.

MATERIALES Y MÉTODOS

- **Planchas y probetas:** se han utilizado diez materiales orgánicos diferentes: serrín, cáscara de almendra, cáscara de bellotas, cáscara de pipas, cáscara de arroz, huesos de aceitunas, huesos de cerezas, corcho de distinta granulometría y mazorcas de maíz. Por otro lado, el cemento utilizado ha sido Balboa de 32,5 N y por supuesto agua.



- Para realizar los cálculos se utiliza el método de dosificación en volumen, se eligen tres dosificaciones o riquezas de cemento de partida de H-100, H-200 y H-300, que permitirán posteriormente ajustar la masa de orgánico empleado y el agua inicialmente. Estas dosificaciones se corresponden a la denominada AD (alta densidad en orgánico y mínimo contenido en cemento), la dosificación de un mortero MD (media densidad de orgánico) corresponde al contenido de cemento de un H-200 y la del H-300, corresponde en cemento a un contenido alto y que constituye la denominación BD (baja densidad de orgánico).

- **Los encofrados de madera de las planchas y las probetas cúbicas** de la primera serie de treinta probetas fueron construidos por nosotros; dando lugar a planchas de 29x29 cm y 4cm de espesor medio; y probetas cúbicas de 10 cm de arista. En el segundo experimental se utilizan para las probetas unos moldes cúbicos metálicos cedidos por el INTROMAC para ser utilizados en este estudio. Estudiamos de éstos agro-hormigones la resistencia a la compresión, el amortiguamiento del sonido, la conductividad térmica y se utiliza el diseño estadístico de experimentos como herramienta para identificar las variables que influyen en el proceso.

Una vez realizada la primera serie experimental con diez orgánicos diferentes y atendiendo a las tres dosificaciones, se opta por utilizar un diseño que elige la resistencia a la compresión, la atenuación y la conductividad térmica como variables objetivo. Según los datos obtenidos en el primer experimental, se observa que los mejores resultados de los tres parámetros importantes son: los agro-hormigón que utilizan serrín, hueso de aceituna y corcho granulado (1-2 mm), todos en dosificaciones medias o altas de orgánico; por esta razón dichos valores se tomarán como referencia en este estudio.

RESULTADOS

Densidad de los agro-hormigón: La densidad aparente es un parámetro fundamental para diferenciar la conductividad de familias de materiales muy semejantes. Al comparar los resultados obtenidos con los tabulados se comprueba en el primer experimental que de las treinta planchas realizadas todas tienen valores de densidad por debajo del tabulado de mortero de cemento (2000 Kg/cm³). Un 33% de los agro-hormigón reducen a la mitad los valores de densidad, alrededor del 23% de las planchas presentan una reducción del 75% en cuanto a densidad se refiere y el resto reducen un 25% los valores de ésta. En nueve de los treinta agro-hormigón puestos en obra la densidad está dentro del rango de la clasificación de hormigones ligeros (1.200-2000 kg/cm³) y el resto estarían muy por debajo de estos valores. Por otro lado, en cuanto al segundo experimental, se comprueba que las dosificaciones de corcho permiten poner en obra hormigones con rangos de densidades comprendidas entre [0,36- 1,1 g/cm³], el serrín le sigue en cuanto a los valores de densidades entre [0,87 – 1,49 g/cm³] y el triturado de hueso de aceituna los mayores valores de densidad, [1,41-1,68 g/cm³].

Estudio del aislamiento térmico: Los resultados del primer experimental han dado, que del total de los agro-hormigón fabricados y medidos, se comprueba



que en 27 de las 30 planchas la conductividad es inferior al 50% de los valores de ésta en el mortero cemento convencional. Por otro lado, un tercio de las planchas tienen valores inferiores a $0,50 \text{ W/m} \cdot \text{°K}$, lo que muestra su idoneidad como base o capa de aislamiento térmico. El valor de la conductividad térmica, disminuye al aumentar la concentración de orgánico.

Los resultados del segundo experimental dan que los valores obtenidos en el experimental de aceituna, son valores se sitúan en torno a $0,322 \text{ (W/ m} \cdot \text{°K)}$, si se conjuga la densidad de éstos agro-hormigón con los valores de aislamiento térmico serían como los de un hormigón con áridos ligeros M; pero en nuestro caso con mayor densidad y mayor resistencia a la compresión. Las dosificaciones de orgánico con valores de paso de 111 gramos hacen que las planchas se compacten perfectamente y den excelentes resultados en cuanto al aislamiento térmico se refiere.

Si se analizan los resultados en los agro-hormigón de corcho se ve como los valores de la conductividad térmica son superiores a los esperados y mayores que en el caso de la aceituna $0,697 \text{ (W / m} \cdot \text{°K)}$. Esto que parece contradictorio tiene su explicación. Por un lado, de las dieciséis planchas del experimental sólo se pueden medir y poner en obra 6, la falta de tiempo nos lleva a poder realizar sólo estas medidas. De las dosificaciones “ideales”, que obtenemos en el primer experimental se llevan a cálculos en el segundo y se ajustan las dosificaciones según el diseño de experimentos, siendo el valor central de éste diseño el de la dosificación “ideal”. Pero nos encontramos el problema que a la hora de hacerlas la lechada en el primer experimental nos obliga a realizar un “reajuste” en el diseño, pues ese contenido de corcho es ideal para una mínima densidad en estructura, pero imposibilita la compactación de las probetas y las planchas, lo que nos obliga a hacer un reajuste en la dosificación de 85 gramos por debajo en el valor central, que es el primero que se realiza de todo el proceso.

En cuanto a la media de los valores de la conductividad se alcanzan valores similares a los de un hormigón en masa con arcilla expandida (según fuente NBE-CT-79), pero con los valores de densidad que dan nuestras probetas y planchas son tres veces inferiores a los que se están utilizando en obra.

Por otro lado, se analizan los resultados obtenidos en los agro-hormigón de serrín y los datos en cuanto a aislamiento térmico vuelven a ser muy buenos, se habla de valores de conductividad en torno al $0,428 \text{ (W/ m} \cdot \text{°K)}$.

La dosificación ideal para la correcta puesta en obra, se sitúan en las dosificaciones de los valores centrales; como ya se intuía en el primer experimental; resultando el resto inadecuadas. Luego, una correcta dosificación a la hora de utilizar este orgánico conjugando el mínimo contenido de cemento con la adecuada compactación sería 3:1:1,5.



Estudio de la resistencia a la compresión: Para la medida de la resistencia a la compresión se llevan las probetas al INTROMAC y se realizan los ensayos después de haber transcurridos 28 días después del proceso de curado de todas las probetas. Los resultados del primer experimental dan que las probetas con mayor contenido de cemento (BD), son las que mayores valores de resistencia a la compresión presentan.

Los tres mejores valores de resistencia se consiguen con: triturado de hueso de aceituna (19,134 N/ mm²), hueso de cerezas (14,41 N/ mm²) y cáscara de arroz (11,458 N/ mm²) Al comparar los valores de la resistencia a la compresión con el contenido de cemento, se observa que excepto en el caso de triturado de hueso de aceitunas, en las otras dos situaciones no son los máximos valores en cuanto al contenido de cemento se refiere. En las dosificaciones de media densidad (MD), el contenido de cemento se reduce en un 25% con respecto a la dosificación anterior, representando ahora el orgánico, el 50% de la mezcla. Los mejores resultados en cuanto a resistencia, se vuelven a encontrar en el triturado de hueso de aceitunas (13,262 N/mm²), hueso de cerezas (5,556 N/ mm²) y triturado de corcho fino (5,343 N/mm²).

Con respecto a las dosificaciones de alta densidad de orgánico (AD), se consiguen en el agro-hormigón que el orgánico represente un 70% en la dosificación y que el contenido de cemento sea del 15%, (suponiendo esto una reducción del 35% del contenido de cemento). Se observa nuevamente que el triturado de aceitunas presenta los mejores valores en cuanto a resistencia, (10,756 N/mm²). Al ser nuevamente el que mayor contenido de cemento tiene con respecto al volumen de hormigón puesto en obra, será el segundo estudio experimental el que confirme las buenas propiedades en cuanto a resistencia de este conglomerado.

Los mejores resultados obtenidos en cuanto a resistencia a compresión se refiere, sitúan al conglomerado de hueso de aceituna en dosificaciones de AD, MD y BD valores que se encuentran dentro del rango de la resistencia a compresión en hormigones ordinarios (14,7 - 49 N/ mm²). Los resultados del segundo experimental: Se está a la espera de tener estos datos, ya que, para mantener el criterio utilizado en el anterior estudio, 28 días después de la puesta en obra, a fecha de la entrega de los datos no disponemos de éstos hasta finales de octubre.

Estudio del aislamiento acústico: Los resultados del primer experimental: Las mayores atenuaciones se consiguen en agro-hormigón de media y alta densidad de orgánico, siendo el corcho granulado de AD, el triturado de hueso de aceitunas y el serrín en dosificaciones de media densidad los que proporcionan los mejores aislamientos. El serrín con dosificaciones de MD es la plancha que más aísla (-12,055 dB), seguida de la de corcho AD con atenuaciones de (-11,595 dB) y triturado de aceitunas de AD con valores de (-9,605 dB). Estos valores son los que precisamente se van a tomar como referencia para diseñar el diseño estadístico de experimentos. Al comparar estos datos con los de aislamiento acústico con los valores de las planchas de hormigón convencional, se observa



que para un mismo contenido en cemento en los dos casos, aún con los peores resultados en los tres orgánicos, que corresponderían al triturado de aceituna para una dosificación de mortero y arena correspondiente a la dosificación AD, un aumento en aislamiento entre el 30 y el 50%; atenuaciones que pasan del -4,48 dB y -6,78 dB al -9,605 dB en el peor de los casos.

Los resultados del segundo experimental: En cuanto a las mediciones en los niveles de presión sonora de 50-100 dB tanto en el corcho como en el serrín el total de los experimentos medidos dan resultados muy buenos y a la vez acordes con el rango de las dosificaciones. En la aceituna no hay en los diez experimentos distintos una uniformidad en cuanto a todos los resultados, pero sí que la mitad de ellos siguen siendo muy buenos. Los resultados del diseño del triturado de aceituna muestra que el peor resultado de la serie que corresponde a un valor de atenuación del -9,7 dB, correspondiente al experimento 3, que correspondería a la dosificación de orgánico del valor de factorial (+1); es decir un aumento de 111 gramos en el contenido en orgánico consigue los mismos resultados que el mejor obtenido en la primera serie.

Se comprueba al analizar los datos que la dosificación 2,7: 1 de cemento y aceituna permite conseguir atenuaciones de (-12,2 dB); consiguiendo un aumento del 27% en cuanto a atenuación de sonido se refiere. Al analizar los resultados del agro-hormigón de corcho, los valores siguen la línea en cuanto a los resultados que se obtuvieron en el primer experimental. Como se comenta anteriormente, todas dan excelentes resultados en aislamiento acústico y en este caso coincide que la muestra con menor contenido en corcho de las medidas es la que peor resultados da; aunque con muy buenos resultados también (-10,11 dB). Los mejores resultados de esta serie corresponden con los valores centrales del experimental, cuya dosificación (como ya se comentó) en el epígrafe anterior, se recalcula en la puesta en obra para permitir la compactación. Dosificaciones 4: 1: 1,4, permiten alcanzar atenuaciones de -15,7 dB; o lo que es lo mismo un aumento del 37% con respecto a los valores obtenidos en el primer experimental que ya eran excelentes.

Con respecto a lo obtenido en el orgánico de serrín los resultados siguen siendo excelentes, en la línea de los obtenidos en el primer estudio. El rango de las atenuaciones es del orden (-11,5 dB; -13,8 dB); siendo el mejor de toda la serie el correspondiente al quinto de la serie. Valores correspondientes a las dosificaciones del factorial, (+1, +1); o lo que es lo mismo una dosificación 3.5:1: 4, (cemento, serrín, agua); que suponen una mejora del 15% respecto a los valores excelentes que ya se obtuvieron en el primer experimental.

Si se continúa con el análisis de los datos, se observa a la vista de la gráfica 8 del anexo, que los resultados van en la misma línea que los que se acaban de comentar. En niveles de presión sonora de (30-80 dB), se vuelven a confirmar la adecuación de los orgánicos elegidos nuevamente para su uso en cuanto al aislamiento térmico se refiere. Los resultados vuelven a apuntar al agro-hormigón de corcho como el mejor, seguido del serrín.



CONCLUSIONES

- Un 33% de los agro-hormigón reducen a la mitad los valores de densidad, alrededor del 23% de las planchas presentan una reducción del 75% en cuanto a densidad se refiere y el resto reducen un 25% los valores de ésta.
- En nueve de los treinta agro-hormigón puestos en obra la densidad está dentro del rango de la clasificación de hormigones ligeros (1.200-2.000 kg/cm³) y el resto estarían muy por debajo de estos valores.
- Las diferentes dosificaciones del agro-hormigón de corcho permiten poner en obra hormigones con rangos de densidades comprendidas entre [0,36- 1,1 g/cm³], el serrín le sigue en cuanto a ligereza con densidades entre [0,87-1,49 g/cm³] y el triturado de hueso de aceituna los mayores valores de densidad, [1,41-1,68 g/cm³], pero con los mejores resultados en cuanto a resistencia a compresión.
- Si se utiliza arena normalizada, en lugar de residuo vegetal las densidades presentan valores comprendidos entre [1,57- 1,90 g/cm³]; es decir consiguiendo reducciones de peso por unidad de volumen entre cuatro y dos, dependiendo del aglomerado.
- Los mejores valores obtenidos de resistencia a compresión, sitúan al conglomerado de hueso de aceituna en dosificaciones de AD, MD y BD, con valores dentro del rango de la resistencia a compresión en hormigones ordinarios (14,7 - 49 N/mm²).
- El agro-hormigón del hueso de aceituna en dosificaciones de AD con resistencia a la compresión de (10,756 N/mm²), consigue una reducción del 35% del contenido de cemento, en MD (13,262 N/mm²) con reducciones del 25% y en BD (19,134 N/mm²) con reducciones del 15% del contenido de cemento.
- En siete planchas de las veinticinco los valores de conductividad térmica son inferiores a 0,4 W/m °k; lo que las hace muy adecuadas para el aislamiento: Cerezas BD, aceitunas BD, pipas BD, corcho menor BD, corcho mayor MD, corcho menor MD y aceituna MD.
- En catorce de veinticinco planchas se consiguen valores de K de 0,4 y 0,6 W/m °k que siguen siendo muy adecuados para aislamientos combinados con otras propiedades que ofrecen los conglomerados.
- Se mejoran los resultados de la conductividad térmica con los nuevos experimentales, con lo que se verifica la directa relación que hay entre el contenido en orgánico y el aislamiento térmico. La mejora es muy visible en el triturado de aceituna, propiedad que van a permitir conjugar resistencia mecánica con aislamiento térmico.
- En veintitrés planchas la combinación de los parámetros de aislamiento junto, con el amplio abanico de densidades obtenidas los convierten en materiales muy adecuados en “futuras construcciones”.



- El aumento del contenido de orgánico produce una distribución más uniforme del calor dentro de la plancha.
- En dosificaciones de los conglomerados, de Media y Alta densidad se consiguen reducir el contenido de cemento en un 25% y 35%; con las consecuencias positivas que representaría en cuanto a emisiones al medio ambiente.
- En las dosificaciones utilizadas el 50% y el 70% de la mezcla representan el contenido orgánico de residuos agrícolas, lo que implicaría el uso de éstos; así con el consiguiente impacto positivo en el medio ambiente, en cuanto a eliminación de residuos se refiere.
- En cuanto a la resistencia a compresión, son significativos los resultados obtenidos en hormigones realizados con huesos de aceituna, cereza y cáscara de almendra triturada.
- Se observa en cinco de ellas que la densidad no supera los $0,6 \text{ g/cm}^3$ y en siete no se llega a $1,2 \text{ g/cm}^3$. Se consigue por tanto en doce de los veinticinco agro-hormigones reducir en más de un cincuenta por ciento el peso.
- En doce de las veinte planchas el aislamiento supera los -9 dB .
- Las mayores atenuaciones se consiguen en agro-hormigón de media y alta densidad de orgánico, siendo el corcho granulado de AD, el triturado de hueso de aceitunas y el serrín en dosificaciones de media densidad los que proporcionan los mejores aislamientos.
- Al comparar los valores del aislamiento acústico con los hormigones convencionales se consigue un aumento en aislamiento entre el 30 y el 50%; atenuaciones que pasan de $[-4,48 \text{ dB}, -6,78 \text{ dB}]$ al $-9,605 \text{ dB}$ en el peor de los casos.
- Las mediciones en los niveles de presión sonora de 50-100 dB tanto en el corcho como en el serrín en el total de los experimentos medidos dan resultados muy buenos y a la vez acordes con el rango de las dosificaciones.
- La dosificación 2,7: 1 de cemento y aceituna permite conseguir atenuaciones de $(-12,2 \text{ dB})$; consiguiendo un aumento del 27% en cuanto a atenuación de sonido se refiere.
- En los agro-hormigón de corcho todos consiguen excelentes resultados en aislamiento acústico y en este caso coincide que la muestra con menor contenido en corcho de las medidas es la que peor resultados da; aunque siguen teniendo muy buenos resultados $(-10,11 \text{ dB})$.
- Dosificaciones en el agro-hormigón de corcho de 4: 1: 1,4, permiten alcanzar atenuaciones de $-15,7 \text{ dB}$; o lo que es lo mismo un aumento del 37% con respecto a los valores obtenidos en el primer experimental que ya eran excelentes.
- Los agro-hormigón de serrín son excelentes, con un rango de las atenuaciones del orden $(-11,5 \text{ dB}; -13,8 \text{ dB})$.
- La dosificación 3.5:1: 4, (cemento, serrín, agua) suponen una mejora del 15% respecto a los valores excelentes que ya se obtuvieron en el primer experimental.



- La variabilidad del comportamiento dependiendo de la formulación, permite ajustar y optimizar las prestaciones de este material para diversas aplicaciones como: material de relleno de forjado en techo, en muros, pozos de cimentación o como soleras.

BIBLIOGRAFÍA

- Agopyan, V, Savastano, A. (2005), "Transition zone studies of vegetable fibre-cement paste composites", *Cem. Concr. Comp.* 27 (5): pp. 527-536.
- Agopyan, V, John, J, (2005), "Developments on vegetable, fibre-cement paste composites", *Cem, Concr. Comp.* 7 (5): pp. 527-536.
- Allegret, L., Bouloc, P, (2006), *Le chanvre industriel: Production et utilisations*, Editions France Agricole.
- Arnaud, L. (2000), "Mechanical and thermal properties of hemp mortars and wools; Experimental and theoretical approaches". *Proceedings of 3rd International Symposium on Bioresource, hemp and the other fiber crops*, Wolfsburg (Germany).
- Amziane, S., Arnaud, L., (2013), *Bio-aggregate-based Building Materiales: Applications to Hemp Concretes*.
- Amaziane, S., Picandet, V., (2010), Influence of compactness and hemp hurd characteristics on the mechanical properties of time and hemp concrete, *Europ. Env. Civ.* 14 (1-10), pp. 545-560.
- Barcelo, L., Kline, L., (2012), "Cement and CO₂, a victim of success! In: Cement Industry Technical Conference", *IEEE-IAS/PCA 53rd*, pp.1-14.
- Bart, M., Collet, F., Serres, J. (2008), "Porous structure and water vapour sorption of hemp-based materials", *Constr Bulid Mater* 22, pp. 271-1280.
- Cerezo, V., (2005), "Propriétés mécaniques, thermiques et acoustiques d'un matériau á base de particules végétales" *Doctoral Thesis*, INSA de Lyon.
- Fidalgo, J.A., Fernández, MR. (1985), *Física General*, Everest.
- Lippke Bruce, Briggs David, Pérez-García John, Wilson James B. Bowyer James, (2005), "The environmental performance of renewable building materials in the context of residential construction". *J Wood Fiber Sci*, 37, pp. 3-17.
- Magniont, C. (2010), "Contribution à la formulation et à la caractérisation d'un écomatériau de construction à la caractérisation à base d'agroressources". PhD Thesis, Toulouse.
- Norma DIN 13163. *Regulación de la conductividad térmica*.



- Page, J., Sonebi, S. (2013), "Experimental Investigation on the Performance of Hybrid Hemp-Flax-Composite Materials", *Amziane*.
- Picandent, V. (2013), *Characterization of Plant-based Building Materials; Applications to Hemp Concretes*, Amziane, L. Arnaud (eds), John Wiley & Sons Inc., pp. 27-74.
- Pudin, R.N., Swamy, (2006), *Bamboo and Wood Fibre Cement Composites for Willian, D. Castiller* (1995), Reverte, S.S. Volúmenes I y II.
- Recuero López, Manuel (1983), *Estudio acústico de los materiales*, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación.
- Tipler, P. (1992), *Física*, Reverté.
-

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)
Vídeo explicativo [30° Certamen Jóvenes Investigadores](#)

the 1990s, the number of people who have been employed in the public sector has increased in all countries. The increase has been particularly large in the United States, where the public sector has grown from 12.5% of the total workforce in 1970 to 20.5% in 1995. In the United Kingdom, the public sector has grown from 15.5% of the total workforce in 1970 to 25.5% in 1995. In the Netherlands, the public sector has grown from 18.5% of the total workforce in 1970 to 28.5% in 1995. In the Scandinavian countries, the public sector has grown from 20.5% of the total workforce in 1970 to 30.5% in 1995.

The increase in the public sector has been driven by a number of factors. One of the most important factors is the aging of the population. As the population ages, the need for social security and health care increases. This has led to a large increase in government spending on these programs. Another important factor is the growth of the service sector. As the economy has shifted from manufacturing to services, the need for government regulation and oversight has increased. This has also led to a large increase in government spending.

The increase in the public sector has also been driven by a number of other factors. One of these factors is the growth of the welfare state. In many countries, the welfare state has grown significantly since the 1970s. This has led to a large increase in government spending on social security, health care, and education. Another factor is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care.

The increase in the public sector has also been driven by a number of other factors. One of these factors is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care. Another factor is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care.

The increase in the public sector has also been driven by a number of other factors. One of these factors is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care. Another factor is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care.

The increase in the public sector has also been driven by a number of other factors. One of these factors is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care. Another factor is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care.

The increase in the public sector has also been driven by a number of other factors. One of these factors is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care. Another factor is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care.

The increase in the public sector has also been driven by a number of other factors. One of these factors is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care. Another factor is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care.

The increase in the public sector has also been driven by a number of other factors. One of these factors is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care. Another factor is the growth of the public sector in the private sector. In many countries, the public sector has grown significantly in the private sector. This has led to a large increase in government spending on infrastructure, education, and health care.

the 1990s, the number of people with a mental health problem has increased in the UK (Mental Health Act 1983, 1990).

There is a growing awareness of the need to improve the lives of people with mental health problems. The Department of Health (1999) has set out a vision of a new mental health system, which will be based on the following principles:

- (i) People with mental health problems should be treated as individuals, with their own needs and wishes.
- (ii) People with mental health problems should be given the opportunity to participate in decisions about their care and treatment.
- (iii) People with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes and communities.

There is a growing awareness of the need to improve the lives of people with mental health problems.

The Department of Health (1999) has set out a vision of a new mental health system, which will be based on the following principles:

- (iv) People with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes and communities.
- (v) People with mental health problems should be given the opportunity to participate in decisions about their care and treatment.
- (vi) People with mental health problems should be treated as individuals, with their own needs and wishes.

There is a growing awareness of the need to improve the lives of people with mental health problems.

The Department of Health (1999) has set out a vision of a new mental health system, which will be based on the following principles:

- (vii) People with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes and communities.
- (viii) People with mental health problems should be given the opportunity to participate in decisions about their care and treatment.
- (ix) People with mental health problems should be treated as individuals, with their own needs and wishes.

There is a growing awareness of the need to improve the lives of people with mental health problems.

The Department of Health (1999) has set out a vision of a new mental health system, which will be based on the following principles:

- (x) People with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes and communities.
- (xi) People with mental health problems should be given the opportunity to participate in decisions about their care and treatment.
- (xii) People with mental health problems should be treated as individuals, with their own needs and wishes.



Proyecto CURIOSITY. Estudio y desarrollo de un prototipo multifuncional del Rover Curiosity

/ SEGUNDO PREMIO

AUTOR | HUGO AGUIRRE DA SILVA

COORDINADORA | MARÍA INMACULADA GUTIÉRREZ LORENZO

CENTRO | IES PALAS ATENEA

CIUDAD | TORREJÓN DE ARDOZ

RESUMEN |

El proyecto Curiosity, también conocido como Mars Science Laboratory, es una misión espacial que realizó la NASA en 2011 para analizar, con el apoyo de un vehículo de tipo Rover llamado Curiosity, dicho planeta. Mediante el estudio del Rover, he realizado un prototipo que contiene las funciones principales del artefacto del que deriva. Realizado a una escala 1:10, el robot puede ser controlado tanto de forma remota mediante una aplicación Android como interactuar por sí mismo ante el medio.

Palabras clave: Curiosity, espacio, misión, NASA, tipo Rover, Marte, prototipo, escala, aplicación Android.

ABSTRACT |

The Curiosity project, also known as Mars Science Laboratory, is a space mission that was carried out by NASA in 2011 to analyze, with the support of a Rover-type vehicle called Curiosity, that planet (Mars). By means of the study of the Rover, I have assembled a prototype which contains the main functions of the artifact from which it derives. Designed at a scale of 1:10, the robot can be controlled remotely with an Android application as well as interacting with the environment on its own.

Keywords: Curiosity, space, mission, NASA, Rover-type, Mars, prototype, scale, Android application.



INTRODUCCIÓN

Marte, también conocido como el Planeta Rojo, es el cuarto planeta en orden de distancia al Sol del Sistema Solar. Posee una masa $6,419 \times 10^{23}$ kg y un volumen de $1,632 \times 10^{11}$ km³. Estos factores, además de la distancia al Sol ($2,28 \times 10^8$ km), influyen en la fuerza de atracción (gravedad) de Marte, siendo de tan solo de $3,711 \text{ m/s}^2$. El planeta no es una esfera perfecta sino que se encuentra achatada por los polos. El diámetro ecuatorial es de 6.794,4 km y el polar de 6.752,4 km. Contiene una atmósfera muy delgada que afecta enormemente a las características físicas del planeta. Su composición principal es de un 95,3% de dióxido de carbono, 2,7% de nitrógeno, 1,6% de argón y 0,07% de monóxido de carbono. El oxígeno molecular y el vapor de agua solo abarcan un 0,15% y 0,03%, respectivamente. La presión superficial marciana no representa ni la centésima parte de la presión atmosférica terrestre (1013 hPa). En el Monte Olimpo¹, el emplazamiento de mayor altitud de Marte, la presión es de 1 hPa, y en las depresiones más profundas, la presión no llega a los 9 hPa. Al encontrarse a una distancia considerable del Sol y presentar una atmósfera incapaz de retener el suficiente calor, la temperatura media de Marte es de $-63 \text{ }^\circ\text{C}$, habiendo una gran diferencia entre el día y la noche. Las temperaturas máximas diurnas registradas alcanzan los $27 \text{ }^\circ\text{C}$ (en verano), y las mínimas nocturnas los $-143 \text{ }^\circ\text{C}$ (en invierno), aunque estos datos varían en función de la estación, la hora del día, el área y posicionamiento donde se hagan las mediciones. Estas estaciones son similares a las de la Tierra y vienen dadas por la inclinación axial de su eje de rotación ($25,19^\circ$). La rotación completa sobre sí mismo tarda 24 h 37 min 22,7 s y la translación alrededor del Sol 668,6 días marcianos, lo que equivale a 1 año, 321 días y 7 horas terrestres.

La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) pretende extender la presencia humana en el Sistema Solar, y Marte, es un candidato apto. Las diversas características similares a las de la Tierra hacen que haya esperanzas de encontrar vida extraterrestre, o por lo menos, vida que hubo en un tiempo pasado. La necesidad de ampliar los conocimientos es lo que mueve a esta organización a seguir adelante con nuevos e innovadores proyectos. Desde las primeras imágenes tomadas sobre el planeta gracias al *Mariner 4* hasta la actualidad, se han descubierto considerables hallazgos que han revolucionado el mundo de la ciencia, pero, ¿seremos capaces de llegar más allá?

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Basándome en la información encontrada principalmente en las páginas oficiales de la NASA, espero poder lograr reproducir de la forma más real posible la funcionalidad del vehículo explorador. Este deberá ser capaz de moverse con total autonomía, extraer muestras, analizar las condiciones ambientales, medir distancias y tomar imágenes y videos. Para ello, desarrollaré una estruc-

¹ El Monte Olimpo es el volcán de mayor envergadura, conocido hasta la fecha, del Sistema Solar. Tiene una altura de 22,5 km y un diámetro de 610,13 km.



tura que permita alojar con perfecta exactitud los mecanismos y sensores desmenuados para dicho caso. El robot estará diseñado para poder interactuar ante las adversidades del entorno en el que se encuentre, además de obtener a tiempo real información sobre las condiciones del medio, para su posterior análisis, que podrán ser visualizadas a través de una aplicación para dispositivos móviles. Esta aplicación conectada en todo momento con el robot permitirá controlar de forma remota cada sensor. Por último, se incorporará en la parte superior una cámara de acción con la que poder recopilar datos audiovisuales.

PROYECTO CURIOSITY

El proyecto Curiosity, también conocido como MSL (Mars Science Laboratory), es una misión espacial que realizó la NASA con el objetivo de localizar posible vida en Marte. Para poder acceder a dicho planeta, esta organización lanzó un cohete Atlas V-541, el 26 de noviembre de 2011 a las 10:02 a.m EST², en el cabo Cañaveral, Florida. En su interior, se incorporó un vehículo de tipo rover que aterrizó en la superficie marciana el 6 de agosto de 2012, alrededor de las 05:31 UTC³. El nombre de la misión se debe al vehículo ya que este artefacto es el principal encargado de la recopilación de información sobre las características de Marte. Inicialmente, estaba preestablecido que tuviera de duración 1 año marciano (1,88 años terrestres) pero, a día de hoy, el vehículo se encuentra operativo en el planeta.

OBJETIVOS CIENTÍFICOS:

Para cumplir las expectativas de la NASA, la misión tiene cuatro objetivos científicos fundamentales:

1. Evaluar el potencial biológico determinando la existencia y naturaleza de compuestos orgánicos del carbono, buscando los componentes químicos de la vida y registrando acciones de procesos biológicamente destacables.
2. Representar la geología marciana en todas las escalas espaciales convenientes mediante la investigación de la composición química, isotópica y mineralógica de los materiales superficiales y próximos a la superficie e interpretando los procesos de formación de rocas y suelos.
3. Investigar los procesos planetarios referentes a la habitabilidad en el pasado evaluando la evolución atmosférica y determinando el estado actual de los ciclos del agua y el dióxido de carbono.
4. Determinar el espectro electromagnético o distribución energética de la radiación que llega a la superficie, incluyendo la radiación cósmica y la fulguración solar⁴.

² EST (Eastern Standard Time) es el horario estándar del este norteamericano.

³ UTC (Coordinated Universal Time) es el horario estándar regido por el meridiano de Greenwich.

⁴ La fulguración solar es la radiación electromagnética de alta energía emitida por el Sol.



ROVER:

El Curiosity es el vehículo explorador marciano más grande y preparado hasta el momento por la NASA. Las dimensiones del Rover son 3 metros de largo (sin incluir el brazo de 2,1 m), 2,7 m de ancho y 2,2 m de alto. Tiene una masa total de 899 kilogramos e incluye un kit avanzado de diez instrumentos científicos de 75 kg. La estructura mecánica del vehículo proporciona la base y sustento de todos los subsistemas e instrumentos. Aun así, no es capaz de responder con certeza si Marte albergó vida en algún momento de su historia. Esto es debido a que el vehículo no incorpora instrumentos para detectar procesos activos, como el metabolismo biológico, ni tampoco tiene la capacidad de tomar imágenes de microorganismos o sus equivalentes fósiles. Una vez en área marciana, estudiará si la zona del cráter Gale ha tenido condiciones favorables para la vida en el pasado y también en el presente. El motivo por el que se ha elegido ese emplazamiento para la exploración fue que el cráter, dicho de una forma coloquial, presenta indicios de estar mojado. Esta opción se ha estudiado durante 5 años gracias a las imágenes tomadas por los orbitadores de la NASA en la órbita de Marte. (Véase Figura 1).

PROTOTIPO CURIOSITY

ARDUINO:

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto que está basada en el uso de un *hardware* y un *software* sencillos. El *hardware* corresponde con la parte física del proyecto, como placas, motores, sensores, componentes físicos del robot o materiales con los que se fabrica la estructura del mismo. El montaje se ha llevado a cabo principalmente en una nave industrial, donde se encuentran todas las herramientas y maquinaria necesarias. El *software* corresponde con la programación y el intercambio de información bidireccional entre el dispositivo móvil u ordenador y la placa integrada en el robot. Gracias a esta plataforma, se ha podido recrear la funcionalidad y movimiento del vehículo, así como la comunicación con un dispositivo móvil o con el entorno en el que se encuentra.

COMPONENTES:

1. **Arduino Mega 2560.** Arduino Mega 2560 es una placa electrónica, considerada el “cerebro” del robot, que se encarga procesar el código, es decir, la información programada que debe ejecutar el Curiosity. Es un elemento fundamental ya que, con la ayuda de un microcontrolador Atmega2560 integrado, envía instrucciones a los diferentes componentes (motores, sensores). La comunicación entre todos los elementos se establece gracias a los diferentes conectores (pines) presentes en la placa. Esta se ha alimentado con 5V a través del puerto USB del ordenador y con dos pilas de 9V de una pila a través de la clavija jack. (Véase Figura 2).



2. Motor Shield L293D. Motor Shield L293D es una placa electrónica extra que se conecta íntegramente a la placa Arduino Mega 2560. Su función principal es amplificar la corriente de salida de la placa Arduino cuyos pines digitales solo suministran 40 miliamperios, una intensidad de corriente insuficiente para mover motores. Para amplificarla, usa un sistema de puentes en H. Este permite además controlar la velocidad y el sentido de giro de los motores CC (corriente continua) usando 4 transistores a modo de interruptores. La placa L293D consta de 2 puentes en H y proporciona a cada motor una intensidad de corriente de 600 mA. En el proyecto del Curiosity, se necesitaban 6 motores así que se conectaron los 2 motores extra en dos salidas de corriente donde ya había un motor conectado. Esto permite el movimiento de 6 motores pero cada par de motores siempre tienen la misma velocidad y sentido de giro.

3. Motores CC y ruedas. Los motores CC transforman la energía eléctrica procedente de la placa L293D en energía mecánica. El robot presenta 6 motores, que giran de forma independiente, en cuyo eje se encuentra acoplada una rueda de 65 mm de diámetro y 26 mm de ancho. La velocidad angular máxima de los motores es de 230 rpm (revoluciones por minuto), consumiendo una intensidad de corriente entre 130 mA a 150 mA. Se distribuyen de forma equitativa a ambos lados de la estructura, quedando tres motores en el lado izquierdo y otros tres en el lado derecho.

4. Servomotor. Un servomotor es un tipo especial de motor que sirve principalmente para articular alguna parte de un robot. Principalmente, consiste en un dispositivo graduado que viene delimitado de 0° a 180°. Se ha utilizado el servomotor para articular una pinza impresa con una impresora 3D. El modelo SG90 mide 22 x 12.5 x 29.5 mm, pesa 9 g y aporta una fuerza máxima de 1,6 kg/cm.

5. Iluminación LED. Cada LED presenta una patilla positiva y negativa para conectarlo a una fuente de alimentación. El ánodo, corresponde con la parte positiva y el cátodo, la patilla más corta, con la parte negativa. Al conectar un led a la placa Arduino hay que introducir, en el positivo o negativo, una resistencia de 220 Ω para protegerlo de exceso de corriente.

6. Sensor de ultrasonidos HC-SR04. El sensor de ultrasonidos es un módulo capaz de medir distancias gracias a su sistema de ecos. Consiste en emitir 8 ondas de 40 kHz y calcular el tiempo que tardan en volver a ser captadas por el sensor sabiendo que, en el aire, la velocidad del sonido es de 340 m/s. Con una precisión de 3 mm, el sensor recoge entre los 2 cm hasta los 4 metros. Tiene un ángulo de precisión de 15°.

7. Sensor de temperatura y humedad DHT-11. El DHT-11 es un sensor que mide la temperatura y humedad del entorno (condiciones físicas fundamentales para localizar vida). Tiene un rango de medida de temperatura de 0 °C a



50 °C con una precisión de ± 2 °C, y de humedad de 20% a 90% RH con una precisión del 4% RH. El tiempo de respuesta es de 1 segundo.

8. Fotorresistencia LDR GL-55. El LDR GL-55 es un sensor que varía el paso de corriente eléctrica a través de él dependiendo de la cantidad de luz presente en el entorno. Por lo tanto, cuanto menos luz incida en el sensor, mayor resistencia opondrá este a los 5V que ofrece la placa Arduino Mega. Conociendo esta variación, podemos realizar una estimación del nivel de luz presente.

9. Sensor de moléculas de carbono MQ-7. El MQ-7 es un sensor que mide la concentración de monóxido de carbono en el aire. Detecta entre 20 y 20.000 partes por millón (ppm). Está alimentado con 5 V y necesita un tiempo mínimo de calentamiento para que los datos recibidos sean correctos. Se utiliza para alertar de cantidades elevadas de CO. Funciona entre -10 °C y 50 °C, y consume una potencia menor a 750 mW.

10. Módulo Bluetooth® HC-05. Permite conectar con la placa Arduino cualquier dispositivo que tenga también Bluetooth® incorporado. Se utiliza, en general, para controlar de forma remota, con un alcance de 5 a 10 m, el funcionamiento de los sensores y componentes electrónicos. Se puede alimentar con un voltaje entre 3,3 V a 6 V y consume una intensidad de corriente de 50 mA. Funciona entre un rango de -20 °C a 75 °C.

11. Buzzer. El *buzzer* o zumbador es un dispositivo que transforma la electricidad de la placa Arduino en sonido, específicamente, en un zumbido agudo. Cada tono viene determinado por una frecuencia, permitiéndonos reproducir música.

12. Láser KY-008. El KY-008 consiste en un láser de baja potencia (5 mW) que presenta un cabezal de cobre. La onda láser, que tiene una longitud de 650 nanómetros, se transmite cuando el módulo está alimentado con 5 V.

13. Extras. Otros componentes que se han utilizado han sido dos interruptores de palanca, cables y conectores, una cámara de acción, una pinza impresa en 3D y dos pilas de 9V.

PROCESO DE MONTAJE:

La reproducción del Curiosity se ha realizado a una escala aproximada de 1:10. Consiste en un prototipo que se ha diseñado en función del tamaño de los componentes del robot. Para poder montarlo, se han seguido los siguientes pasos: construcción de la estructura con madera contrachapada reciclada, pintado de la estructura, instalación de componentes y sensores dentro de la cavidad de la estructura, comprobación de cada sensor, construcción de la carcasa superior, instalación de la cámara de acción y comprobación de la conexión Bluetooth®. (Véase Figura 3).



APP INVENTOR 2:

App Inventor 2 es una plataforma web que fue desarrollada el 15 de diciembre de 2010 por Google Labs y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Su finalidad es iniciar al usuario en el mundo de la programación y elaboración de aplicaciones Android. Esta herramienta gratuita cuenta con una funcionalidad básica que permite crear aplicaciones de una forma educativa mediante bloques. La programación por bloques es un medio de programación visual que simula la creación de un castillo a partir de piezas de construcción. Una vez que todas las piezas están ensambladas a la perfección, podemos decir que hemos creado una aplicación. (Véase Figura 4).

FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

Una vez construido el robot y la aplicación Android, se procedió a las pruebas de funcionamiento. Inicialmente, El prototipo del Curiosity se controla de forma remota mediante la aplicación “Curiosity_definitivo”, que se encuentra conectada al vehículo mediante una conexión Bluetooth®. Para que esto se establezca, primero, hay que encender el robot subiendo los dos interruptores hacia arriba, así, la placa recibe alimentación y el módulo Bluetooth® se enciende. A continuación, se activa el Bluetooth® del móvil en “Ajustes”, se abre la aplicación del Curiosity y se pulsa en el botón “Conectar BT”. Automáticamente, se abre una lista de opciones de conexión y se pulsa en “HC-05”. En el caso de querer desconectarse, solamente hay que pulsar en el botón “Desconectar BT”. En la zona central de la pantalla, la aplicación se encuentra estructurada en 6 secciones.

En la sección “Movimiento” se encuentran 3 botones: Start, Stop y Búsqueda. Al pulsar el botón “Start”, el robot empieza a moverse. El control del movimiento se basa en la inclinación de los acelerómetros del dispositivo móvil. Es decir, cuando se inclina el móvil hacia delante, se envía a la placa Arduino la información correspondiente a la inclinación y se produce el movimiento de los motores en esa dirección. Si se mantiene el dispositivo en una posición equilibrada, el robot permanecerá quieto a la espera de órdenes. Por lo contrario, si se pulsa el botón “Stop”, el robot automáticamente se quedará inmóvil aunque se incline el dispositivo. El último botón llamado “Búsqueda” sirve para que el robot explore el entorno en busca de “muestras marcianas”. Cuando se pulsa, el robot disminuye la velocidad de los motores para que sea más fácil coger objetos con la pinza. Además, si se deja pulsado este mismo botón, durante dos segundos aproximadamente, el vehículo se desplazará en círculos de forma autónoma, activará la pinza y medirá distancias con el sensor de ultrasonidos. Si se mide una muestra próxima o menor de ocho centímetros, el Curiosity se desplazará en línea recta, abrirá las pinzas y cogerá el objeto. Este desplazamiento no hubiera sido posible ni no hubiera sido capaz de solucionar un problema con los motores. En el momento de atornillarlos a la estructura, no tuve en cuenta que si ejercía demasiada presión con los tornillos, el rotor del motor tenía poco



espacio para poder moverse con libertad y no daban la potencia máxima y, en el modo búsqueda, los ejes de los motores eran incapaces de girar.

En la sección “Luces” se encuentran 3 botones: ON, OFF y Alarma. Al pulsar el botón “ON” se encienden los leds blancos y azules del robot, pero, si se pulsa el botón de una forma prolongada durante dos segundos, el encendido o apagado dependerá de la iluminación de la sala. Es decir, una fotorresistencia LDR mide la cantidad de luz y solo permite el encendido de los leds si detecta falta de claridad. Por lo contrario, si se pulsa el botón “OFF”, los leds se apagarán directamente. Por último, el botón “Alarma” sirve para poner al Curiosity en modo protección, en otras palabras, es una forma de alerta que avisa de un peligro cercano. Al pulsarlo, se activa el sensor de ultrasonidos y si este detecta una distancia menor de 5 cm, el zumbador empezará a pitar acompasado con los leds, que parpadearán cuando este suene.

La sección “Pinza” contiene dos botones: abrir y cerrar. Estos permiten controlar la apertura y el cierre de la pinza situada en la parte frontal del robot. La pinza está diseñada de tal manera que cuando se encuentre abierta, esta permanecerá oculta debajo de la estructura para no interferir en la medición del sensor de ultrasonidos ni en la movilidad del vehículo en el caso de que atravesase terrenos irregulares. Como he mencionado en el proceso de montaje, el diseño de pinza final no se corresponde con el diseño preestablecido. Las piezas impresas en 3d fueron pegadas, conformando una estructura sólida, lo que no permite la articulación de la pinza. Esto supone una gran desventaja ya que la pinza debe de soportar menor peso. Si esta se somete a un objeto con una masa mayor de la que puede soportar, las piezas podrían despegarse o desquebrajarse.

La sección “Láser” está formada por 2 botones, uno de encendido del láser y otro de apagado. Básicamente, se pretende representar la metodología que tiene el Curiosity para perforar rocas que se encuentran a una determinada altura.

La última sección de la aplicación consta de dos partes. La primera parte consiste en un visualizador de la temperatura y humedad proporcionadas a partir de la medición del sensor DHT-11. Cuando se pulsa el botón “Exterior”, se enciende el sensor y este manda la última lectura detectada que, cada dos segundos, se va actualizando y enviando al dispositivo móvil. En un principio, la aplicación permitía registrar cada dato sin problemas pero, una vez finalizado todo el proceso de montaje, la aplicación recibía demasiada información procedente de diversos sensores, lo que producía un colapso y cierre automático de la aplicación. La solución que pude encontrar a ello fue crear una segunda aplicación muy similar a la inicial que estuviera destinada a los sensores ambientales, es decir, una aplicación para el sensor de temperatura y humedad y el sensor de monóxido de carbono. Probando el sensor MQ-7 me di cuenta de que se debe calentar durante más de un minuto para poder realizar una medición correcta. Debido a la complejidad de enviar datos verídicos a tiempo real de la cantidad de CO, se estableció que, en vez de mostrarse el monóxido de carbono en la



aplicación, se interpretasen únicamente los niveles excesivamente superiores en forma de alerta. Por lo que, cuando el robot detecta una cantidad superior de 1.000 ppm (partes por millón) de CO, se envía una alerta, el zumbador suena y los LEDS parpadean.

La segunda sección consiste en un único botón con el símbolo de un micrófono. Al pulsarlo, el móvil automáticamente despliega la ventana de reconocimiento de voz y cada palabra que se diga va a ser registrada y analizada por el Curiosity. Está configurado para que la movilidad, los LEDS, el láser, la pinza y el zumbador puedan ser manejados con la voz.

Por último, la cámara de acción, que permite obtener imágenes y videos a tiempo real, iba a ser conectada al ordenador mediante una aplicación llamada “XDV”, pero surgieron problemas de conexión momentáneos y se decidió sustituir el ordenador por otro dispositivo móvil.

CONCLUSIONES

Una vez terminado el proyecto, he sacado en conclusión que cuando realizas un trabajo novedoso por tu cuenta, las capacidades de solucionar las adversidades, supone una carga extra de esfuerzo que el propio usuario debe suplir. Esta forma de pensar hace que el aprendizaje y la creatividad incrementen a nivel individual, y con esto, se mejora la capacidad de elaborar ideas para posibles futuros trabajos. Aunque hay muchos aspectos generales que se pueden mejorar, considero que he cumplido y superado mis expectativas con el resultado obtenido, y me he demostrado a mí mismo que con actitud y ganas se puede conseguir prácticamente cualquier cosa. Este pensamiento emprendedor es el que necesito para poder desenvolverme y desempeñar una carrera de ingeniería en un futuro próximo.

BIBLIOGRAFÍA

- National Aeronautics and Space Administration, Tony Greicius (2017), “Mars Science Laboratory”, [en línea], disponible en: https://www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html, [consultado el 27/09/17].
- National Aeronautics and Space Administration, Jet Propulsion Laboratory (California Institute of Technology), “Mars Science Laboratory. Curiosity Rover”, [en línea], disponible en: <https://mars.nasa.gov/msl/>, [consultado el 28/09/17].
- National Aeronautics and Space Administration, John Nelson, Tony Greicius, Luis Espinoza y Anil Natha, “NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)”, [en línea], disponible en: <https://www.jpl.nasa.gov/>, [consultado el 28/09/17].



Wikipedia. La enciclopedia libre, “Marte (planeta)”, [en línea], disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Marte_\(planeta\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Marte_(planeta)), [consultado el 5/10/17].

Wikipedia. La enciclopedia libre, “Curiosity (rover)”, [en línea], disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Curiosity_\(rover\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Curiosity_(rover)), [consultado el 5/10/17].

Arduino (2018), “Arduino Forum”, [en línea], disponible en: <https://forum.arduino.cc/>, [consultado el 20/10/17].

LINKS:

Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores

ANEXO DE FIGURAS

Figura 01

Imagen tomada por el
CURIOSITY en Marte.



Figura 02

Vista de perfil del
CURIOSITY.

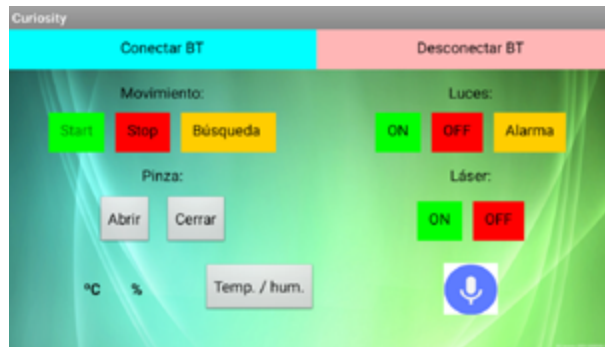




Figura 03
Prototipo CURIOSITY.



Figura 04
Aplicación Android.





PYCT, profesor de ajedrez

/ PREMIO ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

AUTOR | ROBERT JESÚS PANEQUE YUNTA

COORDINADOR | VÍCTOR MUÑOZ CORRAL

CENTRO | IES PALAS ATENEA

CIUDAD | TORREJÓN DE ARDOZ

RESUMEN |

PyCT (del inglés, *Python Chess Tracker*) es un programa en fase Alpha escrito en Python 2.7, orientado al usuario común y capaz de detectar y dar voz a los movimientos realizados en un tablero de ajedrez mediante el uso de una cámara cualquiera. Además, busca enseñar a jugar: corrige los fallos cometidos, ofrece consejos y recuerda datos básicos antes de empezar. El uso de un sintetizador de voz y leds permiten que el programa pueda ser utilizado por gente con problemas auditivos o visuales que quiera aprender a jugar.

Palabras clave: Ajedrez, visión computacional, Python, voz sintetizada.

ABSTRACT |

PyCT, which stands for Python Chess Tracker, is an Alpha program coded in Python 2.7, aimed at the common user and able to detect and give voice to the movements done on a chessboard using any camera. Moreover, PyCT intends to teach how to play this game: correct the mistakes, give advice and remember basic information before starting. The use of a synthesizer and a protoboard with LEDs allows the program to be used by people with visual or auditive impairments who want to learn to play.

Keywords: Chess, computer vision, Python, synthetic voice.



INTRODUCCIÓN

PyCT (del inglés, *Python Chess Tracker*) es un programa en fase Alpha escrito en Python 2.7, orientado al usuario común y capaz de detectar y dar voz a los movimientos realizados en un tablero de ajedrez previamente calibrado. Además, está orientado a la enseñanza de este juego: corrige los fallos cometidos, ofrece consejos y recuerda datos básicos antes de empezar, como, por ejemplo, que las blancas realizan el primer movimiento o el orden correcto en el que se deben colocar las piezas. Por otro lado, el uso de un sintetizador de voz y un vocabulario informal busca conseguir que el programa sea amigable con el usuario. Entre los idiomas disponibles se encuentran español, inglés e italiano, todos ellos con traducción completa.

También existe una conexión que se puede realizar con Arduino, tanto por cable como de manera inalámbrica (Bluetooth) y que permite a los jugadores saber si han realizado el movimiento correcta o incorrectamente según se encienda el led verde que da paso al siguiente jugador o el rojo del que ha efectuado la jugada. Sin embargo, esta conexión no es obligatoria.

Tales características hacen de PyCT una forma de aprender a jugar al ajedrez que puede ser usada por personas con limitaciones visuales (al poseer audio) o auditivas (al poseer LEDS), así como por los más pequeños o incluso aquellos que no han tenido la oportunidad de aprender. Además, puede ser usado por aficionados y profesionales que quieran escapar de la monotonía de una partida clásica.

Aunque este proyecto se pudiera haber llevado a cabo mediante el uso de hardware, como pueden ser circuitería magnética o detectores de presión, desarrollarla usando software ha permitido abaratar enormemente los costes y, por tanto, ofrecer una mayor accesibilidad al usuario.

ESQUEMA GENERAL

El primer paso obligatorio antes de empezar a jugar es calibrar la cámara de modo que PyCT sepa dónde está el tablero y cómo está colocado. Para ello, después de seleccionar la cámara dónde se verá la partida, se deben marcar las cuatro esquinas del tablero de juego siguiendo las instrucciones que se imprimen en pantalla. Una vez obtenidos los puntos, se calcula la homografía de estos con las cuatro esquinas de un modelo de tablero 3D.

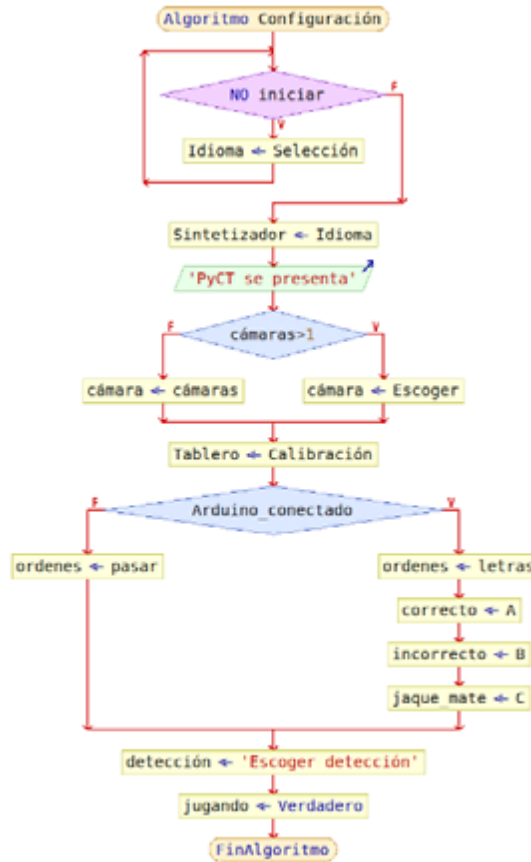
Acto seguido, se comprueba la conexión con Arduino, que controlará el encendido y apagado de los leds en función de si la jugada es correcta, incorrecta o se ha realizado un jaque mate.

PyCT dispone de tres maneras diferentes de detectar los movimientos realizados en el tablero: manual, semi-automática y automática. Todas deben escoger



Figura 01

Diagrama de flujo de la configuración.



un *frame* anterior y otro posterior al movimiento. En el caso de la manual, es el usuario el que, presionando la tecla espaciadora, determinará tales momentos. En la detección semi-automática, al igual que en la manual, el segundo *frame* se escoge cuando el usuario presiona espacio; sin embargo, el primer *frame*, es decir, el anterior al movimiento, es el primer *frame* captado por la cámara. Por último, en el caso de la detección automática, el primer *frame* se escoge igual que en la semi-automática, pero para determinar el segundo se realiza un análisis continuo de las diferencias sobre el tablero mediante histogramas.

Una vez escogidos los momentos anterior y posterior al movimiento, se hacen pasar las respectivas imágenes por un tratamiento con el fin de determinar de dónde ha salido la pieza y a dónde ha llegado, devolviendo las coordenadas respectivas de las casillas.

Obtenidas las casillas de salida y llegada, queda determinar qué pieza se ha movido y si el movimiento está correctamente realizado. Para ello, PyCT busca la casilla ocupada inicialmente en un diccionario que contiene las posiciones de las piezas blancas y negras. Como cada casilla está relacionada con la pieza



que la ocupa, se recoge el nombre de esta, que permite, sabiendo dónde estaba antes y dónde ahora, saber si el movimiento realizado es correcto o no.

Cada pieza posee su propio algoritmo de movimiento y otro común, a excepción del caballo, que determina si esta ha realizado un salto o no. Estos algoritmos, al igual que el resto del programa, usan coordenadas numéricas en vez de las alfanuméricas de las que dispone el ajedrez. El objetivo de ello es facilitar tanto la sintaxis como la realización de los cálculos.

Figura 02

Algoritmo del movimiento de las piezas.



Una vez comprobado el movimiento, si este es correcto, se anunciará mediante el uso del sintetizador, se mostrará en pantalla y, si existe conexión con Arduino, se encenderá el led verde del siguiente jugador. Acto seguido se realizará el cambio de listas oportuno, que permitirá saber dónde está cada pieza y cuáles están jugando. Si, por el contrario, el movimiento es incorrecto, PyCT explicará por qué lo es. Si Arduino está conectado, se encenderá el led rojo del jugador que ha realizado el movimiento y se esperará a que este devuelva las piezas a su posición original para repetir el proceso de detección.

Si una vez que se ha realizado el cambio de listas, uno de los reyes no se encuentra entre las piezas dispuestas sobre el tablero, se cerrará el bucle que permite repetir los pasos anteriores y PyCT felicitará al jugador oportuno mediante el uso exclusivo de audio, mencionando también los turnos que ha tardado en ganar. Una vez finalizado el algoritmo de la partida, el programa se cerrará automáticamente.



APORTACIONES DEL PROGRAMA

PyCT propone un método automático para detectar los movimientos de las diferentes piezas teniendo en cuenta la iluminación, un método de calibración manual, con el cual cualquier tablero de ajedrez con 64 casillas regulares, sea profesional o de invención propia, pueda ser usado; y un sistema de identificación del movimiento no discriminatorio con respecto a la forma del objeto, es decir, que no es obligatorio usar piezas de ajedrez para que el programa entienda que se está jugando a este juego.

DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE LA JUGADA

El primer *frame* es el primer *frame* captado; mientras que el segundo se obtiene después de realizar un análisis de la iluminación sobre todo el tablero mediante histogramas. Un histograma es una gráfica que muestra la distribución de frecuencias usando rectángulos y/o coordenadas. En este caso, en vez de rectángulos se usan valores que representan el número de píxeles situados en una franja de color concreto.

Pero para conseguir un histograma en el que sea fácil detectar un cambio, el programa debe realizar antes una resta de imágenes, la cual devuelve otra imagen donde cada píxel adquiere el color resultado de restar los respectivos píxeles de las otras dos. Por lo tanto, la imagen a analizar poseerá una mayoría de píxeles negros en caso de que no se haya realizado un cambio y blancos en caso de que sí, quedando una escala de grises, más fácil de manipular que la escala RGB.

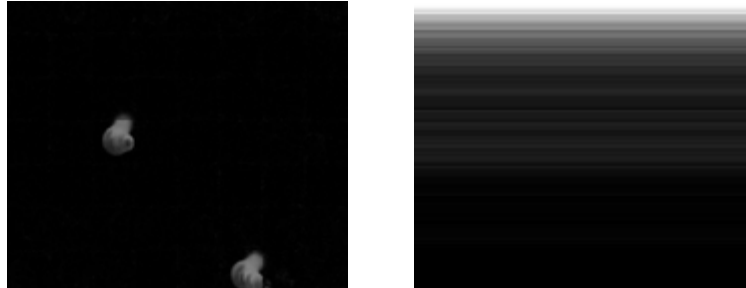
Si contamos todos los tonos de gris que poseen más de 1.000 píxeles en toda la imagen, obtendremos un valor n . Mientras no haya cambios de iluminación bruscos, la mayoría de píxeles estarán en tonalidades de gris similares, por lo que n tendrá un valor que rondará las 12 unidades. Sin embargo, al mover una pieza y, por tanto, posicionar la mano encima del tablero, estos se repartirán por un rango más extenso que suele rondar las 90 unidades, en concreto, el programa detecta que se está realizando un movimiento cuando $n > 30$.

Para evitar que una sombra parcial de la mano que ha realizado la jugada entre dentro del segundo *frame* a restar, PyCT espera (duerme) un segundo antes de capturarlo. Hay que tener en cuenta también que la pieza movida aumenta el valor n y que ese aumento dependerá tanto de la posición como de la pieza. El programa supone que se ha dejado de realizar movimiento cuando se cumple $n < 21$. Sin embargo, estos valores umbral a partir de los cuales PyCT interpreta si ha habido movimiento son arbitrarios, por lo que no están sujetos a la iluminación de cada momento y pueden fallar en ciertos entornos debido a sus condiciones lumínicas.



Figura 03

Ejemplo de imagen resta (izquierda) y de su histograma (derecha).



LOCALIZACIÓN DEL TABLERO

A pesar de que existe una función definida por defecto en OpenCV que detecta las casillas de un tablero de ajedrez esta no funcionaba a la hora de realizar las pruebas de calibración para más de 5x5 casillas, por lo que fue necesario realizar otra manual. Esta se lleva a cabo tras marcar cuatro puntos del tablero y, mediante la realización una transformación geométrica, obtener los 81 puntos que lo componen.

Primero, han de darse los cuatro puntos que delimitan el tablero, es decir, sus esquinas. El orden en el que se marquen influirá en cómo se relacionan las casillas con los puntos. Una vez obtenidos, se calcula la homografía de estos y las cuatro esquinas del modelo 3D de un tablero recto. Durante la obtención de los 81 puntos, se usa una tercera coordenada, denominada coordenada homogénea, que permite que toda la transformación sea lineal.

Una vez obtenidos los puntos, mediante dos bucles *for*, se relaciona cada casilla con los que la definen, por lo que, en caso de haber realizado una calibración que no haya seguido las pautas estrictamente, las casillas quedarán incorrectamente identificadas. Esta identificación se realiza para cada punto p , de modo que la casilla quede determinada a partir de este, $p + 1$, $p + 9$ y $p + 10$.

Figura 04

Calibración manual con los puntos numerados.

Figura 05

Calibración con OpenCV.





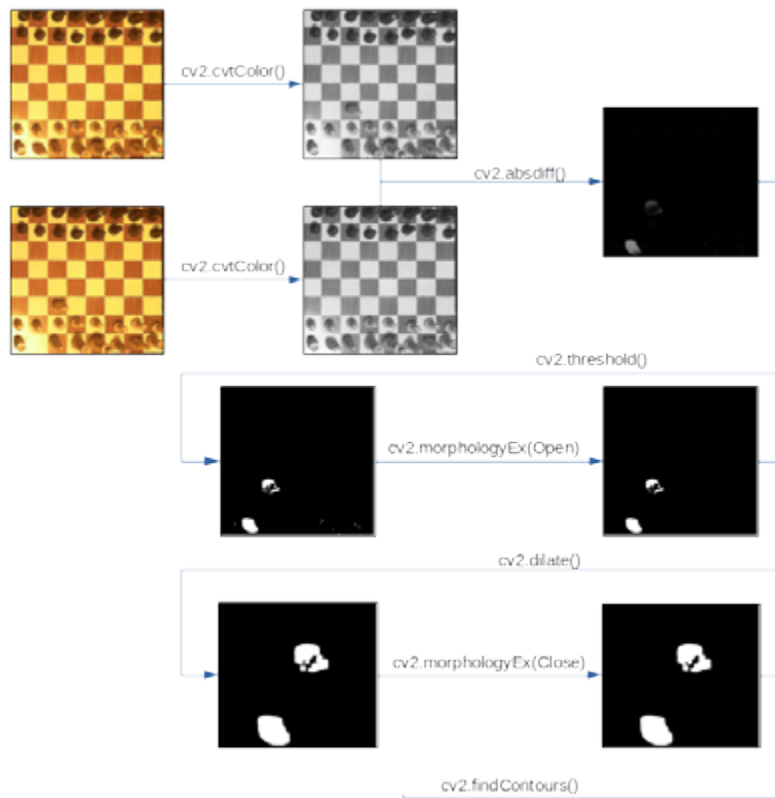
IDENTIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

Para conocer las casillas que han involucrado el movimiento, se hacen pasar las imágenes que lo definen por un tratamiento, de modo que se obtengan unos contornos finales que, dependiendo de su área, permitirán identificar dos casillas que identifican al movimiento.

Primero, se convierten las imágenes a escala de grises para facilitar el tratado.

Figura 06

Algoritmo ilustrado del tratamiento de imágenes.



A continuación, se restan estas, de modo que zonas de píxeles donde haya habido una diferencia obtengan un valor más cercano al blanco (255 en la escala de grises) que aquellas en las que no se haya realizado, que obtendrán un valor cercano al negro (0 en la escala de grises). Para denotar mejor estas diferencias, se umbraliza la imagen, de modo que todo píxel con un valor superior a 20 obtenga un valor final 255 y todo píxel por debajo del umbral obtenga un valor nulo.



Puesto que la iluminación no es constante, esta provoca un ruido que supera el umbral anterior, por lo que es necesario eliminar este para facilitar la búsqueda de contornos. La solución a este problema es realizar una operación morfológica de apertura sobre la imagen umbralizada. Luego, como la diferencia causada por una misma pieza puede generar dos contornos próximos, pero no juntos, se realiza una dilatación y una operación morfológica de clausura, de modo que zonas de diferencia (contornos) cercanas se unifiquen. Por último, se evalúa el área de todos estos contornos finales, seleccionando los dos con área máxima como representantes de las casillas donde ha tenido lugar el movimiento.

Para saber las coordenadas de cada casilla, se introduce cada contorno máximo dentro de un rectángulo, de modo que se halle el centro de este, el cual será un punto con unas primera y segunda coordenada mayores que la primera y segunda coordenada de la esquina inferior izquierda de la casilla. En el caso de la esquina superior derecha de la casilla, las coordenadas del punto deberán ser, ambas, menores.

BIBLIOGRAFÍA

- Llamas, Luis (2016), “Controlar Arduino con Python y la librería PySerial”, [en línea], disponible en: <http://www.luisllamas.es/2016/01/controlar-arduino-con-python-y-la-libreria-pyserial/>, [consultado el 14/02/2018].
- OpenCV (2017), “OpenCV modules”, [en línea], disponible en: <http://docs.opencv.org/3.4.0/>, [consultado el 14/02/2018].
- PyGTK (2011), “PyGTK 2.0 Reference Manual”, [en línea], disponible en: <http://www.pygtk.org/pygtk2reference/>, [consultado el 14/02/2018].
- Python (2010), “Python 2.7.14 documentation”, [en línea], disponible en: <https://www.python.org/>, [consultado el 14/02/2018].
- Pytttsx (2015), “Pytttsx - Text-to-speech x-platform”, [en línea], disponible en: <https://pytttsx.readthedocs.io/en/latest/>, [consultado el 14/02/2018].

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)
Vídeo explicativo [30° Certamen Jóvenes Investigadores](#)



Impresión 3D en la Industria Protésica

/ PREMIO ESPECIAL FUNDACIÓN ONCE

AUTORA | GEMA QUIÑONERO LÓPEZ

COORDINADORA | ESTHER SÁNCHEZ PÉREZ

CENTRO | IES FRANCISCO ROS GINER

CIUDAD | LORCA, MURCIA

RESUMEN |

Actualmente, muchas personas precisan de prótesis; sin embargo, el acceso a éstas es muy limitado. Pretendemos usar la impresión 3D para facilitar su fabricación rápida y personalizada, abaratando costes y simplificando el proceso. Se usará el método heurístico, que implica trabajo en el taller, para fabricar la prótesis, y trabajo digital, para obtener y editar el modelo 3D. En conclusión, se ha obtenido una prótesis de forma fácil y rápida, con materiales usuales, y con impresión 3D.

Palabras clave: Prótesis, transfemoral, impresión 3D, software 3D, escáner 3D.

ABSTRACT |

Nowadays, there are many people who need a prosthesis. However, the access to them is limited. We would like to use 3D printing in order to make their manufacture quicker, easier, customized and affordable. We will use a heuristic method, which implies the manufacture of the prosthesis structure at a workshop, as well as digital work, in order to get and edit the 3D model. In conclusion, we have obtained a prosthesis in an easy and quick way, with homespun materials, and using 3D printing.

Keywords: Prosthesis, transfemoral, 3D printing, 3D software, 3D scanner.



INTRODUCCIÓN

El interés que tiene esta investigación se centra en el campo de la Medicina. Con las nuevas tecnologías que tenemos a nuestro alcance nos resultaría verdaderamente fácil ayudar a la mejora de la calidad de vida.

Entre las ventajas de las prótesis diseñadas y fabricadas usando la tecnología 3D destacamos: el menor coste y tiempo de fabricación del producto; así como que sea personalizable, lo que aporta comodidad al usuario y permite que ésta sea adaptable al crecimiento del mismo.

ANTECEDENTES

Hay que destacar que durante el año 1529 se introdujeron modernos procedimientos en amputación y, Ambroise Paré, considerado padre de la cirugía de amputación y del diseño protésico modernos, inventó un dispositivo por encima de la rodilla con capacidad de flexionarse y una prótesis de pie con posición fija, arnés ajustable y control de bloqueo de rodilla (Norton, 2007).

En 1858 es Douglas Bly quien inventa y patenta la pierna anatómica Doctor Bly, “el invento más completo y exitoso desarrollado alguna vez en el área de las extremidades artificiales” (Norton, 2007).

Hablando de impresión, destaca la construcción a manos de 3D system en 1992 de la primera impresora 3D. Este tipo de impresión comienza a ser usada en Medicina a partir del año 2007.

Destaca la labor de los doctores del Tercer Hospital Universitario de Pekín, que llevan a cabo la implantación de una vértebra impresa en 3D en 2013 (Zhihua, 2013).

Son grandes avances los que tienen lugar en 2014, cuando la empresa Eksobionics crea el primer exoesqueleto en impresión 3D (Boxtel, 2015) y LifeHand2 fabrica una prótesis de mano capaz de reproducir casi a la perfección el sentido humano del tacto (Calvo, 2014).

Tal como recoge un artículo del 5 de junio de 2017 de la página web de Imprimalia, este mismo año, la empresa de gafas de sol, Nación Pirata, y el grupo de Autofabricantes de Medialab-Prado crea “SuperGiz”, una prótesis de mano con un anclaje universal y gadgets intercambiables que permiten al usuario desempeñar funciones muy variadas.

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestra hipótesis es: ¿Puede una prótesis impresa con tecnología 3D sustituir en su totalidad al miembro amputado?



Así, los objetivos de este trabajo son:

1. Comprobar si es posible la impresión 3D de una prótesis.
2. Conocer la disponibilidad en software e impresoras 3D.
3. Fabricar toda la prótesis con materiales que podemos encontrar fácilmente en un taller, a excepción del *socket*, que vamos a diseñar y realizar con la ayuda de tecnologías 3D.
4. Estudiar las diferentes partes de una prótesis transfemoral y plantear su impresión.
5. Establecer un modelo por ordenador de una impresión para una prótesis transfemoral.
6. Abaratar el coste de una prótesis mediante la técnica propuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que vamos a usar es heurística, y consiste en idear soluciones ante los problemas que se van presentando. Nuestro proyecto consta de dos partes: trabajo práctico en el taller (para diseñar y fabricar la prótesis) y trabajo digital (para poder obtener y editar el modelo de las piezas que serán impresas).

Esta investigación se considera experimental. Sin embargo, no nos es posible emplear un grupo de control ya que se trata de un ítem personalizado.

Para llevar este trabajo a cabo, contamos con diversos materiales:

- Polímeros: poliuretano y poliéster.
- Fibra de vidrio para reforzar los polímeros.
- Metales: aluminio, acero inoxidable, hierro dulce.
- Plástico para impresión 3D: PLA.
- Materiales auxiliares para moldes: pasta para modelar, alginato y silicona acética.
- Medios auxiliares: soldadora de electrodos, taladrador de columna, torno, sierra de banda y herramientas de mano.

Para conseguir el modelo 3D y poder imprimirlo, hemos usado:

- Una Kinect de Xbox como escáner 3D casero.
- Softwares como: Skanect 3D, 3D Builder, Autocad, Skech up y Meshmixer.

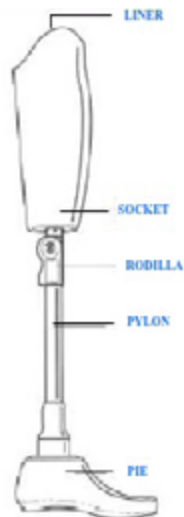


RESULTADOS

A) COMPONENTES DE UNA PRÓTESIS

Una prótesis es un dispositivo artificial creado por el hombre, con la finalidad de suplir o reemplazar alguna parte del cuerpo que haya sido perdida o aquellas partes que no se encuentran realizando su función tan bien como deberían. (Lanza Medina, 2006).

Nuestro Trabajo de Investigación se basa en la fabricación de una prótesis transfemoral (amputación por encima de la rodilla), y consta de:



- **Liner:** cubierta interior entre el muñón y el *socket* (Rivera Sánchez, 2005).
- **Socket:** conecta el muñón con la extremidad artificial y se encarga de que la capacidad de control de la extremidad por parte del usuario sea mayor (Rivera Sánchez, 2005).
- **Rodilla:** transmite cargas, participa en el movimiento y ayuda a la conservación del momento (Nordin y Frankel, 2005).
- **Pylón:** soporta peso y proporciona un eje de apoyo y amortiguación a la prótesis (Nordin y Frankel, 2005).
- **Pie:** sus funciones son simular la articulación, absorber golpes, proporcionar al usuario una base estable e imitar el músculo real (Rivera Sánchez, 2005).

B) FABRICACIÓN DEL MUÑÓN

Como primer paso, fabricamos un muñón artificial, que nos servirá como paciente y modelo, ya que no contamos con un usuario real.

Hacemos la estructura con alambre, que se entrelaza para reforzarla y facilitar el agarre de la pasta. Después, le echamos pasta para modelar y la alisamos para obtener un mejor acabado final.

C) LEVANTAMIENTO DE LA PRÓTESIS

- Comenzamos haciendo el *socket*.

Para empezar, recubrimos el muñón con film y echamos fibra de vidrio que se adhiere con poliéster y catalizador al 50%.

Figura 01

Fuente:

<http://www.monografias.com/trabajos99/estudio-del-arte-protesis-piernas/image001.jpg>



Cogemos dos láminas metálicas que doblamos dándole la curvatura del muñón y que cruzamos perpendicularmente. A continuación, se suelda la rosca de un tornillo que unirá directamente el *socket* con la rodilla artificial.

El agarre se coloca sobre la pieza y se aplican tres capas más de fibra de vidrio (con poliéster).

Figura 02

Fuente:
Elaboración propia.



• Pasamos a construir el pylon.

Cogemos un prisma de metal hueco, pero resistente. Sin embargo, queremos añadir un compresor de gas para la recuperación de la posición al caminar, y esta estructura no nos lo permite. Para que nos sea posible, nos deshacemos de uno de los laterales del prisma para que la prótesis pueda doblar 90° y el usuario pueda mantener la pierna doblada al estar sentado (al doblar la rodilla no se formaría ángulo y el compresor no realizaría ningún trabajo).

El compresor se atornilla arriba a la rodilla y abajo al pylon. Soldamos una placa en la parte inferior y unimos un *silent block*, que funcionará como tobillo y permitirá una mejor basculación al caminar.

Figura 03

Fuente:
Elaboración propia.





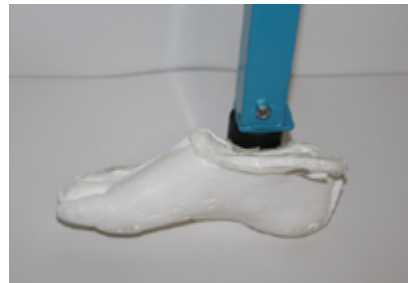
- Nos disponemos a hacer el pie, que se enrosca con unas tuercas a la base del *silent block*.

En un principio, cortamos y soldamos un cilindro y dos placas. Más tarde, decidimos cambiar el cilindro por una placa paralela al suelo, a la que volveremos a soldar las otras dos placas que harán de suela. Para evitar que resbale, pegamos en la parte en contacto con el suelo fragmentos de caucho.

Hacemos un molde de alginato que rellenamos con silicona, para simular un pie humano y conseguir un acabado más realista.

Figura 04 y 05

Fuente:
Elaboración propia.

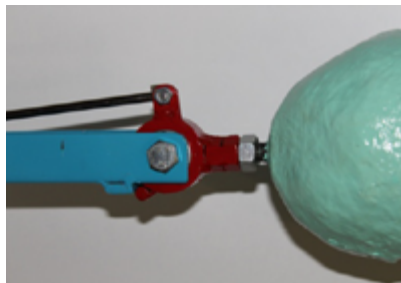


- Para la extremidad de la rodilla, utilizamos un tubo de metal de paredes gruesas cuyo interior limamos con un torno y rellenamos hasta alcanzar 10 mm de diámetro.

Se atornilla al pylón y, a 180°, soldamos una placa donde atornillaremos el compresor. En la posición de 0° del cilindro, soldamos un pequeño tubo de metal que hará de tope.

Figura 06

Fuente:
Elaboración propia.



En la parte superior (90°) soldamos dos tuercas que nos servirán de unión con el *socket*.

- Después de finalizar cada pieza por separado, las lijamos y limamos para un mejor acabado y anclaje final. También, cortamos la parte sobrante de la fibra de vidrio del *socket* para evitar arañazos y mejorar la parte estética.



Figura 07 y 08

Fuente:
Elaboración propia.

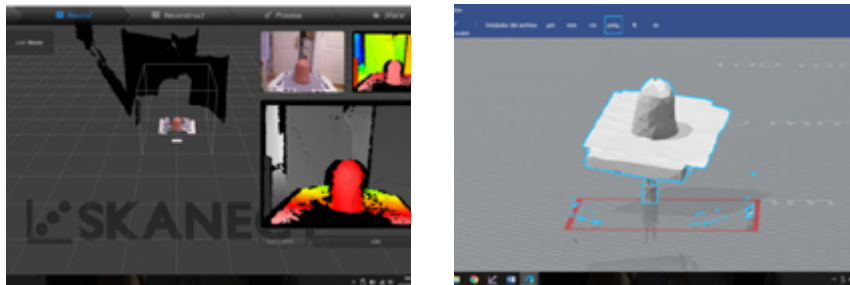


D) MODELO 3D

Para obtener el modelo 3D, utilizamos Skanect 3D y 3D Builder, con una Kinect de Xbox como escáner 3D casero.

Figura 09 y 10

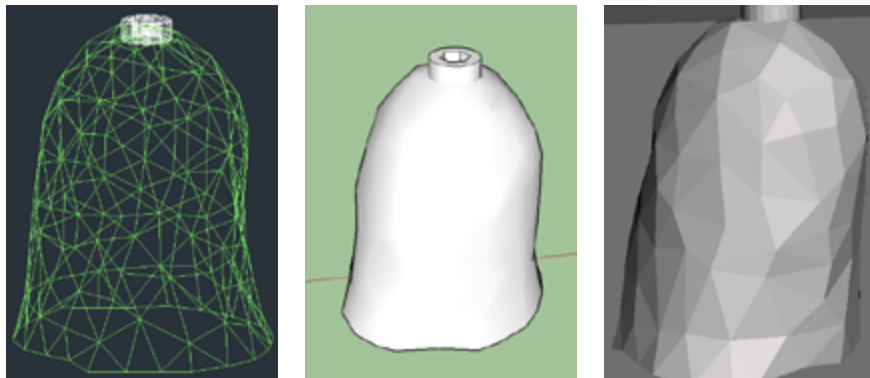
Fuente:
Elaboración propia.



Hemos limpiado la figura escaneada y le hemos añadido el grosor y el enganche necesarios usando los diferentes softwares mencionados en “Materiales y métodos”.

Figura 11, 12 y 13

Fuente:
Elaboración propia.

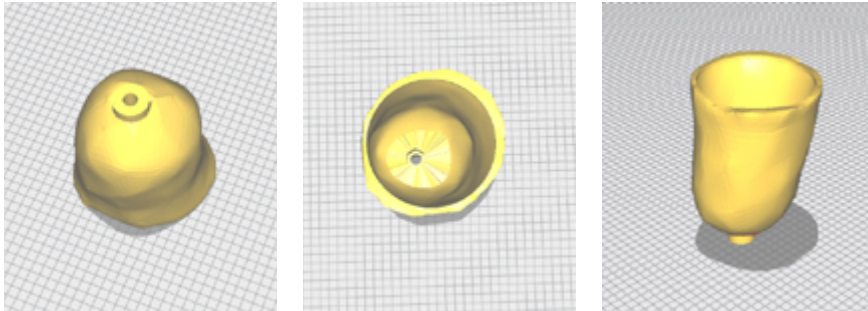


Después de todas las mejoras que hemos podido y sabido incorporar. Este sería el resultado final de la pieza que vamos a imprimir:



Figura 14, 15y 16

Fuente:
Elaboración propia.



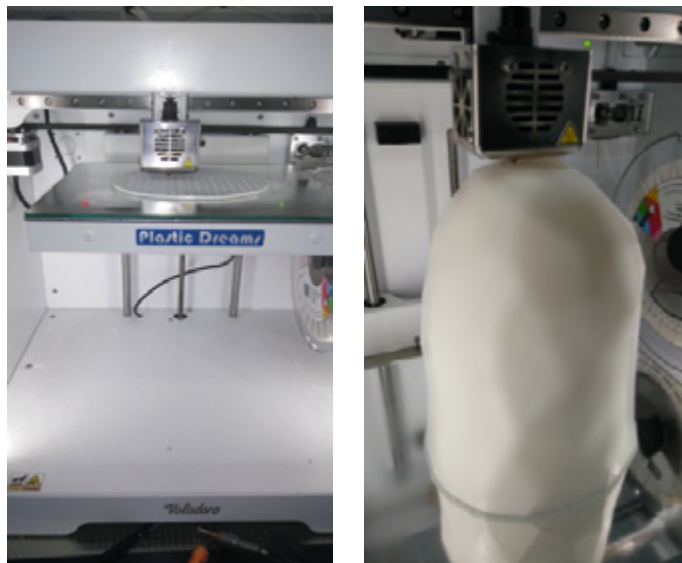
Conseguimos un archivo STL que imprimimos usando el modelado por deposición fundida, basado en:

- La placa de impresión donde se imprime la pieza.
- La bobina de filamento, como material para imprimir.
- El cabezal de extrusión.

El modelo de la impresora que vamos a usar es “Voladora NX”, una estación de impresión que cuenta con un cabezal “Tumaker Dart Flux”, que imprime con un filamento de 1,75 mm de diámetro de PLA.

Figura 17 y 18

Fuente:
Elaboración propia.



Después de 16 horas de impresión, ya tendríamos nuestra prótesis, hecha de manera rápida, personalizada y con un coste económico, más asequible que el actual en el mercado.

Figura 19, 20, 21 y 22

Fuente:
Elaboración propia.



CONCLUSIONES

Después del análisis y discusión de los resultados, podemos concluir que:

1. Sí es posible la impresión 3D de una prótesis.
2. Hemos necesitado conocer y controlar diferentes softwares 3D para poder plantear y planificar la impresión de nuestra pieza.
3. Solo hemos imprimido el *socket*, las demás piezas siguen siendo las convencionales porque el material y las características no se pueden igualar con esta técnica.
4. Hemos investigado cuáles son las partes de una prótesis transfemoral, y hemos planteado la impresión del *socket*, mientras que el resto lo hemos elaborado manualmente.
5. Hemos establecido, editado y preparado un modelo 3D del *socket* de la prótesis para que pueda ser impreso usando la tecnología 3D.
6. Hemos conseguido nuestro modelo por menos de 200 €, mientras una prótesis convencional puede costar entre 5.000 € y 50.000 €.



BIBLIOGRAFÍA

- 3D Natives (2017), “Top 10 con los mejores softwares 3D para principiantes”, [en línea], disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/10-softwares-3d-principiantes-100420172/>, [consultado el 11/04/2017].
- Autodesk Meshmixer (2017), [en línea], disponible en: <http://www.meshmixer.com> [consultado el 09/05/2017].
- Autodesk Autocad (2017), [en línea], disponible en: <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview>, [consultado el 09/05/2017].
- Boxtel, Amanda (2015), Walking 2.0. [en línea], disponible en: <http://www.amandaboxtel.com/in-the-news.php>, [consultado el 24/01/2017].
- Calderón J.M., Erazo L.A., Lenis A.M. (2010), *Diseño de una prótesis transtibial que permita realizar la marcha humana de manera más natural*, [en línea], disponible en: <https://proyectobiomecanico1.wordpress.com/2010/11/24/diseño-de-una-protesis-transtibial-que-permita-realizar-la-marcha-humana-de-forma-mas-natural/>, [consultado el 08/04/2017].
- Cañizares, Francisco (2011), “¿Quién inventó las prótesis?”, *Quo*, [en línea], disponible en: <http://www.quo.es/ser-humano/quien-invento-las-protesis>, [consultado el 05/03/2017].
- Chinadaily.com.cn* (2013), *Hospital uses 3D printed orthopedic implants*, [en línea], disponible en: http://www.chinadaily.com.cn/china/2013-08/06/content_16875259.htm, [consultado el 24/02/2017].
- De la Torre Calvo, Iñaki (2014), “La primera mano robótica con sentido del tacto”, *Quo*, [en línea], disponible en: <http://www.quo.es/tecnologia/mano-robotica-tacto>, [consultado el 05/03/2017].
- Dealing with different (2016), [en línea], disponible en: <http://dealingwithdifferent.com/3d-printing-prosthetics/#.WeZaJUwryTe>, [consultado el 08/04/2017].
- Imprimalia (2017), *Supergiz, prótesis de código abierto imprimible en 3D*, [en línea], disponible en: <http://imprimalia3d.com/noticias/2017/06/04/009120/supergiz-pr-tesis-c-digo-abierto-imprimible-3d>, [consultado el 05/06/2017].
- Martínez Fernández, A. (2015), *Desarrollo de prótesis ortopédicas personalizadas mediante tecnologías láser escáner 3D*, [en línea], disponible en: http://oa.upm.es/34108/1/TESIS_MASTER_ADRIAN_MARTINEZ_FERNANDEZ.pdf, [consultado el 23/02/2017].
- Norton, Kim (2007), “Un breve recorrido por la historia de la protésica”, *InMotion*, 17 (7).



Ortiz Chimbo K.M., Luna Aveiga H., Medina Moreira J., Soledispa Tumbaco R.L. (2016), “Los beneficios de las impresoras 3D como herramienta de innovación en la medicina”, *Revista Caribeña de Ciencias*, [en línea], disponible en: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/06/3d.html>, [consultado el 07/03/2017].

Plastic Dreams (n.d.), [en línea], disponible en: <https://plasticdreams.es/shop/producto/tumaker-voladora-nx-estacion-de-impresion-3d/>, [consultado el 05/06/2017].

Quo, “Una prótesis biónica que permite volver a sentir la mano” (2015), *Quo*, [en línea], disponible en: <http://www.quo.es/ciencia/protesis-bionica-permite-sentir-objetos>, [consultado el 05/03/2017].

Schwartz, Jonathan (2016), “The future of 3D-printed prosthetics”, *TechCrunch*, [en línea], disponible en: <https://techcrunch.com/2016/06/26/the-future-of-3d-printed-prosthetics/>, [consultado el 23/03/2017].

Vazhnoz, Andrei (2013), *Impresión 3D. Cómo va a cambiar el mundo*, Buenos Aires, Baikal.

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)

Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores

the 1990s, the number of people with a mental health problem has increased in the UK (Mental Health Act 1983, 1990).

There is a growing awareness of the need to improve the lives of people with mental health problems. The UK Government has set out a strategy for mental health care (Department of Health 1999). The strategy is based on the following principles:

- People with mental health problems should be given the opportunity to live as fully as possible in their own homes and communities.
- People with mental health problems should be given the opportunity to participate in decisions about their care and treatment.
- People with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit. The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit. The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit. The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit. The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit. The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit. The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live their lives as they see fit.



Estudio de la maduración del kiwi (*Actinidia deliciosa*) según el tipo y cantidad de frutas climatéricas empleadas como fuente de etileno

/ ACCESIT

AUTORA | SARA GIMENO LARA

COORDINADORA | EVA MARÍA ATARÉS MALLADA

CENTRO | IES LUCAS MALLADA

CIUDAD | HUESCA

RESUMEN |

El objetivo de esta investigación ha sido estudiar los efectos de diferentes tipos y cantidades de frutos climatéricos sobre la velocidad de maduración del kiwi. En los experimentos realizados se tomaron como variables independientes los tipos de frutos climatéricos y la cantidad de estos y como variables dependientes la pérdida del peso fresco, pH y concentración de sólidos solubles de los kiwis. Los resultados obtenidos indicaron que la pera fue el fruto climatérico que más influyó en la maduración del kiwi, independientemente del número de piezas utilizadas en su almacenamiento.

Palabras clave: Frutos climatéricos, maduración, almacenamiento, kiwi, pera, peso fresco, pH, sólidos soluble.

ABSTRACT |

The objective of this investigation has been to study the effects of different types and quantities of climacteric fruits on the speed of the kiwi maturation process. The independent variables selected for the experiment were the types of climacteric fruits and their quantity, while the dependent variables were the mass loss, pH and soluble solid concentration of the kiwis. The results showed that the pear was the climacteric fruit that had the most influence on the maturation of the kiwi, no matter the number of pieces that were used for the storage.

Keywords: Climacteric fruits, ripening, storage, kiwi, pear, fresh weight, pH, soluble solids.



INTRODUCCIÓN

La maduración es un proceso bioquímico que causa cambios metabólicos (Aranceta Bartrina, y otros, 2006), provocando un aumento de la concentración de sólidos solubles, magnitud que mide la concentración de sacarosa por 100 mililitros de disolución a partir del índice de refracción (Bello, 2010), del pH y una pérdida de peso fresco (Salinero Corral, y otros, 2011). Según el mecanismo metabólico de maduración se distinguen dos grupos de frutas, las climatéricas, como el kiwi (*Actinidia deliciosa*), y las no climatéricas. Las frutas climatéricas se caracterizan por una producción inmediata de etileno durante el proceso de maduración, mientras que las no climatéricas no muestran este fenómeno (Rolz, 2011). El etileno es un regulador del crecimiento que influye en la maduración de los frutos, acelerando y aportando una mayor uniformidad al proceso (Kader, y otros, 2002). Además al tratarse de una hormona su producción presenta un crecimiento logarítmico por el cual si la concentración interna de etileno alcanza el punto de saturación no le afecta la aplicación de etileno externo (Saltveit, 1998).

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS

De las siguientes frutas climatéricas: plátano, pera, manzana, melocotón o el propio kiwi: ¿Qué fruta climatérica y qué cantidad de ésta causa una aceleración mayor en la maduración de los kiwis (*Actinidia deliciosa*)? En un principio se podría predecir que la manzana, el melocotón o la pera tendrán la mayor influencia en el proceso de maduración, ya que son frutos clasificados por una producción de etileno alta (Barreiro Méndez, J. A., y otros, 2006). Con respecto a la concentración necesaria para acelerar el proceso podría decirse que en el caso de que los kiwis alcancen su nivel de saturación de etileno interno, la concentración será indiferente, mientras que si no se alcanza este punto el uso de mayores concentraciones causará una maduración más rápida.

MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIAL UTILIZADO EN EL PROCEDIMIENTO DE CONSERVACIÓN

El material utilizado han sido bolsas de polietileno para separar cada réplica y evitar la mezcla del etileno producido por diferentes tratamientos, una balanza, batidora, pHmetro, refractómetro, pipeta Pasteur y dos vasos de precipitados.

METODOLOGÍA

La parte experimental consta de dos tipos de ensayos con una metodología muy similar que se describe a continuación. El primer ensayo consistió en investigar los efectos de diferentes frutos climatéricos sobre la velocidad de maduración del kiwi. Para ello, se introdujeron tres kiwis junto con uno de los frutos climatéricos elegidos en el interior de una bolsa de plástico herméticamente cerrada.



Las variables estudiadas fueron:

- **Variables independientes:** diferentes frutas climatéricas utilizadas como fuente de etileno: manzana, melocotón, plátano, pera y kiwi como variable control.
- **Variables dependientes:** observación del proceso de maduración del kiwi medido según la variación de su peso fresco, pH y concentración de sólidos solubles.
- **Variables controladas:** en todos los casos se utilizaron bolsas de polietileno transparentes y herméticas del mismo volumen para mantener el etileno producido, frutas pertenecientes al mismo lote, los mismos instrumentos de medición. Además se midió la masa a la misma hora durante los tres días y el tiempo transcurrido para producir etileno fue de tres días para todas las réplicas.

Las variables no controladas fueron las condiciones medioambientales a las cuales estuvieron expuestos todos los frutos con una temperatura que osciló entre 28,5 °C y 30,0 °C y una humedad comprendida entre un 50% y un 54%.

El diseño experimental consistió en estudiar el efecto de cuatro frutas climatéricas sobre la maduración del kiwi, dando lugar a cuatro tratamientos más el tratamiento control formado por el propio kiwi como fruta climatérica, los cuales fueron identificados numéricamente (1, 2, 3, 4 y 5). Se introdujo un fruto climatérico junto con tres kiwis en el interior de una bolsa hermética por cada réplica, haciendo un total de cuatro réplicas por tratamiento. Las réplicas fueron identificadas alfabéticamente (a, b, c y d) y las muestras de kiwi de cada réplica numéricamente (1, 2 y 3).

El segundo ensayo consistió en investigar qué efectos producía sobre la maduración del kiwi su almacenamiento con diferentes cantidades del fruto climatérico que había obtenido mejores resultados en el experimento anterior. Para ello se introdujeron tres kiwis con diferentes números de piezas de un único fruto climatérico en el interior de una bolsa de polietileno hermética. Las variables estudiadas fueron:

- **Variables independientes:** Diferente número de piezas (1, 2 y 3) de un único fruto climatérico, aportando concentraciones distintas de etileno.
- **El resto de variables** (dependientes, controladas y no controladas) coinciden con las del caso anterior.

El diseño experimental consistió en analizar los datos del experimento anterior y determinar qué fruto climatérico causó la mayor variación en los parámetros de maduración estudiados. En este segundo experimento se diseñó un método para medir el efecto de tres cantidades distintas del fruto elegido sobre la maduración del kiwi, habiendo un total de tres tratamientos identificados numéricamente (1, 2 y 3). Se introdujo una cantidad determinada del fruto climatérico junto con tres kiwis en el interior de una bolsa por cada réplica, haciendo un total de cuatro réplicas por tratamiento. Las réplicas fueron identificadas alfabéticamente (a, b, c y d) y las muestras de kiwi de cada réplica numéricamente (1, 2 y 3).



Se describe a continuación el procedimiento seguido para poder analizar los parámetros de madurez del fruto. Los pasos seguidos para preparar los tratamientos han sido los siguientes:

1. Identificar cada bolsa de plástico hermética con el tratamiento (1-5) y la réplica (a-d).
2. Pesar cada kiwi con la balanza, anotar su masa y pegar una pegatina en cada kiwi identificando su tratamiento (1-5), réplica (a-d) y kiwi (1-3).
3. Introducirlo en la bolsa con la fruta climatérica correspondiente al tratamiento.

Una vez terminado se comprobó la hora para poder medir la masa de cada réplica cada 24 horas con ayuda de una balanza durante tres días para analizar su evolución. Al tercer día se midieron el pH y la concentración de sólidos solubles de la siguiente manera:

1. Cortar el kiwi por la mitad y tomar una foto para observar variaciones cualitativas.
2. Pelarlo, batirlo con una batidora y verter el jugo en un vaso de precipitados.
3. Introducir el pHmetro en el vaso de precipitados y realizar la medida.
4. Para medir la concentración de sólidos solubles coger con una pipeta Pasteur parte del jugo de kiwi, colocar dos gotas en el prisma del refractómetro y bajar la placa de luz diurna.

Se realizaron 5 tratamientos con 12 muestras cada uno, estudiando un total de 60 muestras. Con los resultados obtenidos en los diferentes ensayos se realizó un análisis de las medias, la desviación estándar y la separación de medias por el Test de Student ($P < 0,05$). Tanto en el análisis de los datos como en la representación de los resultados se utilizó la hoja de cálculo de Numbers.

RESULTADOS

Se ha analizado la pérdida de peso fresco de los kiwis, los valores del pH medio y las concentraciones medias de sólidos solubles a los tres días (gráficos 1, 2 y 3). Mediante el Test de Student ($P < 0,05$)¹ se ha estudiado la existencia de diferencias

¹ El Test de Student compara el valor calculado de t con el valor crítico. Si el valor crítico es excedido, hay evidencia de una diferencia significativa entre las medias, con una probabilidad del 95%.

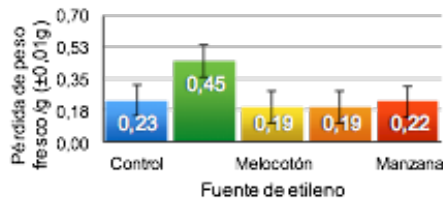
a. Si t calculado $\geq t$ crítico (el de la tabla) las diferencias son significativas (reales). Las dos poblaciones son distintas.

b. Si t calculado $\leq t$ crítico las diferencias pueden ser debidas al azar, con lo que las dos poblaciones no presentan diferencia alguna (Walpole, y otros, 2011).



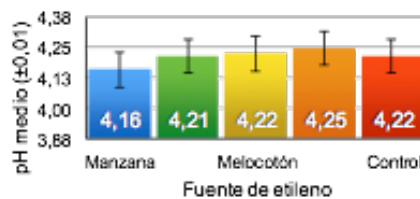
significativas entre los datos medios obtenidos por los kiwis almacenados con distintos frutos climatéricos comparando dos a dos los datos medios de todos los tratamientos con los datos del control (correspondientes a las muestras almacenadas sin fruta climatérica).

Gráfico 01



Pérdida media de peso fresco que experimentaron los kiwis según la influencia de diferentes fuentes de etileno transcurridos tres días de almacenamiento.

Gráfico 02



Valores de pH medio observados en los kiwis según la influencia de diferentes fuentes de etileno transcurridos tres días de almacenamiento.

Gráfico 03



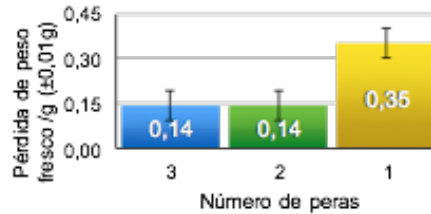
Concentraciones medias de sólidos solubles que mostraron los kiwis según la influencia de diferentes fuentes de etileno transcurridos tres días de almacenamiento.

Con los datos obtenidos en el primer ensayo se observa que las muestras expuestas al etileno de la pera alcanzaron una mayor madurez, ya que presentaron la mayor pérdida de peso fresco, pH y concentración de sólidos solubles. Por ello, se escogió la pera para la realización del segundo experimento, el cual consistió en variar la cantidad de unidades con las cuales se almacenaron los kiwis para determinar la cantidad óptima para acelerar el proceso de maduración del kiwi. Al igual que en el primer ensayo, se ha analizado la pérdida de peso fresco de los kiwis, los valores del pH medio y las concentraciones medias



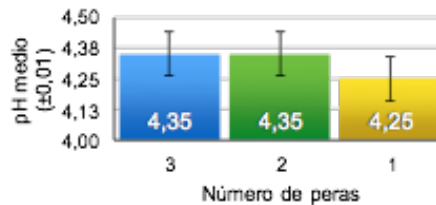
de sólidos solubles a los tres días (gráficos 4, 5 y 6). Mediante el Test de Student ($P < 0,05$) se ha estudiado la existencia de diferencias significativas entre los datos medios obtenidos por los kiwis tratados con diferente número de peras comparando dos a dos los datos medios de todos los tratamientos con los datos del control (correspondientes a las muestras almacenadas con una unidad).

Gráfico 04



Pérdida media de peso fresco que experimentaron los kiwis según el número de peras empleadas como fuente de etileno transcurridos tres días de almacenamiento.

Gráfico 05



Valores de pH medio observados en los kiwis según el número de peras empleadas como fuente de etileno transcurridos tres días de almacenamiento.

Gráfico 06



Concentraciones medias de sólidos solubles que mostraron los kiwis según el número de peras empleadas como fuente de etileno transcurridos tres días de almacenamiento.

CONCLUSIONES

Para determinar la madurez del kiwi se tuvo en cuenta la variación de peso fresco y el aumento del pH y concentración de sólidos solubles durante tres días. A continuación, en la tabla 1, se resumen los resultados del primer experimento.



Tabla 01

*Valores que presentan diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto al grupo control.

	FRUTOS CLIMATÉRICOS				
VARIACIÓN DE PESO FRESCO / G ($\pm 0,01$ G)	Pera (0,45*)	Control (0,23)	Manzana (0,22)	Melocotón (0,19)	Plátano (0,19)
PH ($\pm 0,01$)	Pera (4,25)	Melocotón (4,22)	Control (4,22)	Plátano (4,21)	Manzana (4,16*)
CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES / °BX ($\pm 0,5$ °BX)	Pera (12,00*)	Melocotón (11,30)	Manzana (11,10)	Plátano (10,70)	Control (10,30)

Tabla 1: Tabla con los valores obtenidos para los parámetros de madurez estudiados (pérdida de peso fresco, pH y concentración de sólidos solubles) ordenados en orden decreciente.

Los resultados muestran una mayor variación porcentual de peso fresco en los frutos almacenados con pera (0,45%), siendo esta pérdida significativa con respecto a los kiwis que maduraron solos. Estos valores coinciden con el rango del 0,3-0,4% de pérdida de masa establecido por Salinero Corral y otros en 2011. En cuanto al valor del pH, los valores más altos son alcanzados por los kiwis almacenados con pera (4,25), lo que implica una menor acidez y un mayor grado de maduración, a pesar de que estas diferencias no fueron significativas (tabla 1). El pH ha aumentado en todos los casos, tal y como indican las fuentes consultadas (Kader, y otros, 2002). El último parámetro analizado ha sido la concentración de sólidos solubles, donde se observa que los kiwis almacenados con pera fueron los únicos que alcanzaron los 12 °Bx característicos de la fruta madura (Salinero Corral, y otros, 2011), siendo este valor significativamente superior a los obtenidos en los demás tratamientos.

Una vez obtenidos estos resultados se procedió a determinar si variando la cantidad del fruto climatérico elegido (pera), y por lo tanto la concentración de etileno, aumentaría la velocidad de maduración del kiwi. Para determinar el grado de madurez se estudiaron los parámetros citados anteriormente. A continuación, en la tabla 2, se resumen todos los resultados obtenidos en este experimento.

Tabla 02

*Valores que presentan diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto al grupo control.

	FRUTOS CLIMATÉRICOS		
PÉRDIDA DE PESO FRESCO/ G ($\pm 0,01$ G)	Una pera (0,41)	Dos peras (0,14*)	Tres peras (0,14*)
PH ($\pm 0,01$)	Tres peras (4,35*)	Dos peras (4,35*)	Una pera (4,25)
CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES / °BX ($\pm 0,5$ °BX)	Una pera (12,00)	Dos peras (11,17)	Tres peras (10,58*)

Tabla 2: Tabla resumen con los resultados obtenidos en la determinación de la cantidad de fruto climatérico con mayor influencia sobre la maduración del kiwi. Los valores obtenidos para los parámetros de madurez estudiados (pérdida de peso fresco, pH y concentración de sólidos solubles) se encuentran ordenados en orden decreciente.



Los datos de la tabla 2 se muestran como el peso fresco de los kiwis disminuyó más cuando se almacenaron solo con una pera (0,41%) que con los otros tratamientos (0,13%), pérdidas que son a su vez significativas y coincidentes con lo ya estudiado (Salinero Corral, y otros, 2011).

En cuanto al pH, la diferencia entre el valor medio alcanzado por los kiwis almacenados con dos y tres peras (4,35 en ambos casos) y por los almacenados con una (4,25) fue significativamente mayor (tabla 2). Además este aumento del pH corrobora la información consultada (Kader A. A., y otros, 2002).

Por último, los kiwis almacenados con una pera presentaron la mayor concentración de sólidos solubles, alcanzando los 12 °Bx (tabla 2).

Una vez estudiados parámetros anteriores para determinar si variando la cantidad del fruto climatérico elegido (pera), aumentaba la velocidad de maduración del kiwi se pudo concluir lo siguiente:

En el proceso de maduración del kiwi no influye la cantidad de frutos climatéricos.

Los resultados coinciden con las afirmaciones realizadas en la introducción (Saltveit, 1998), según las cuales los kiwis maduros que alcanzan una concentración saturada de etileno no se ven afectados por la exposición externa a este gas. Sin embargo, existe la posibilidad de que las peras y kiwis de este segundo experimento no tuviesen el mismo punto de maduración que los empleados en el primer experimento, lo que influiría en la evolución de sus características. Podrían darse dos casos:

1. Los kiwis presentan un punto de maduración superior, de manera que alcanzan una concentración saturada de etileno interno que modera los efectos del gas externo (Saltveit, 1998).
2. Las peras tienen un punto de maduración inferior que causa una menor secreción de etileno y variaciones más leves en los kiwis (De la Cruz, 2009).

BIBLIOGRAFÍA

- Aranceta Bartrina, J. y Pérez Rodrigo, C. (2006), *Frutas, verduras y salud*, Barcelona, Masson.
- Barreiro Méndez, J. A. (2006), *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*, Venezuela, Equinoccio.
- Bello, O. (2010), *Los sólidos solubles totales*, [en línea], disponible en: <http://lossolidossolublestotales.blogspot.com.es>, [consultado el: 27/09/2016.]



- De la Cruz, J.; Vela, G.; Dorantes, L.; García, H. A. 2009. *Efecto del etileno sobre el ACC y ACC oxidasa en la maduración de papaya "maradol"*, Revista fitotecnia mexicana, Vol. 33, México, pág. 139.
- Kader, A. A.; Knee, M. (2002), *Fruit Quality and its Biological Basis*, Ohio, Sheffield Academic Press, pp. 1-187.
- Rolz, C. (2011), *Fisiología postcosecha de frutas. Compendio de características de calidad, condiciones de almacenamiento, sensibilidad al frío, maduración y desórdenes fisiológicos*, Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala.
- Salinero Corral, C.; Lema Gesto, M^a J.; Rodríguez Alonso, P.; Piñón Walpole, B.; Merson-Davies, A.; Dan, L. (2011), *Biology for the IB Diploma Coursebook*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Saltveit, M. E. (1998), *Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables*, California, Elsevier, p. 281.



Eficacia de muros de Trombe

/ ACCESIT

AUTORES | AINTZANE HUARTE GARNICA, CLARA IRACHETA FLAMARIQUE Y OLATZ RUIZ DE GALARRETA GÓMEZ

COORDINADOR | JOSÉ MIGUEL ZABALETA TRECU
CENTRO | IES ITURRAMA
CIUDAD | PAMPLONA

RESUMEN |

Es imprescindible desarrollar sistemas energéticos eficientes, que ahorren energía garantizando la comodidad humana y minimicen los efectos nocivos de su utilización. En este sentido ocupan un lugar importante los sistemas de arquitectura pasiva y en su seno los muros Trombe. Tras las pruebas realizadas, podemos afirmar que se trata de sistemas eficaces que proporcionan diferencias de 2-3 °C tanto en posición de enfriamiento como de calentamiento.

Palabras clave: Arquitectura pasiva, muros de Trombe.

ABSTRACT |

It is essential to develop efficient energy systems that save energy, guaranteeing human comfort and minimizing the harmful effects of its use. In this sense, passive architecture systems occupy an important place and within them Trombe walls. After the tests carried out, we can affirm that they are efficient systems that provide differences of 2-3 °C in heating and cooling positions.

Keywords: Passive architecture, Trombe walls.



INTRODUCCIÓN

El bienestar humano se encuentra ligado en gran medida al consumo de energía; no hay más que observar la relación existente entre nivel de progreso y consumo energético de los países. Exceptuando a los países productores de petróleo, con un consumo energético exagerado por persona, se puede afirmar que los países más evolucionados son aquellos con un mayor consumo energético per cápita (tal y como nos indica una lista de países por consumo de energía per cápita total, publicado por el World Resources Institute en 2003).

El mencionado consumo energético si bien garantiza el confort, tiene como efectos adversos tanto el coste económico como la contaminación atmosférica asociados. Por ello, resulta imprescindible el desarrollo de sistemas energéticos eficientes, que ahorren energía al mismo tiempo que garanticen la comodidad humana y minimicen los efectos adversos de su utilización.

En este sentido ocupan un lugar importante los sistemas de arquitectura pasiva, centrados en el diseño para conseguir la máxima eficacia energética, adecúan la construcción al entorno y disminuyen al máximo el impacto ambiental.

En el seno de los sistemas pasivos, nuestro trabajo se centra en el estudio de los muros de Trombe. Se trata de muros orientados hacia el sur (hemisferio norte) o hacia el norte (hemisferio sur), que forman parte de un sistema pasivo para la recolección de la energía solar de forma indirecta y que sirven para enfriar o calentar edificios y casas. Tienen un coste bajo, puesto que los materiales requeridos son relativamente asequibles, son fáciles de construir, no necesitan un mantenimiento excesivo, no hacen uso de ningún tipo de combustible y consiguen que las temperaturas interiores de los edificios sean más estables o suaves.

Pero, ¿son realmente eficaces los muros de Trombe?, ¿en qué medida?, ¿qué diferencias de temperatura pueden proporcionar respecto de edificios que carecen de muros de Trombe?, ¿debemos extender su utilización o se trata de una idea muy bonita que apenas responde al problema de ahorro energético planteado?

Para el estudio de la eficacia de los muros de Trombe, se han construido dos maquetas de casas iguales con la única diferencia que una de ellas está dotada por dos muros de Trombe. Las maquetas, acompañadas por un sistema de seis sensores de temperatura LM35 y una tarjeta de memoria SD controlados por Arduino, han sido sometidas a diferentes condiciones ambientales.

Fruto de las pruebas realizadas que se presentan en este trabajo, podemos afirmar que los muros de Trombe son eficaces y proporcionan diferencias de 2-3 °C tanto en posición de enfriamiento como de calentamiento.

Toda la documentación generada (diseños, archivos de programación, fotos y vídeos) y pruebas realizadas se pueden consultar en el sitio *Drive Eficacia de*



muros de Trombe (Huarte, Iracheta y Ruiz de Galarreta, 2017a) y la lista de reproducción *Eficacia de muros de Trombe de Youtube* (Huarte, Iracheta y Ruiz de Galarreta, 2017b) creados para tal fin.

ANTECEDENTES

La utilización pasiva de los bienes aportados por la naturaleza ha estado siempre presente en los seres vivos tanto animales como humanos. Esta sabiduría ha sido transmitida de generación a generación conformando la arquitectura popular. Esta ha dado paso a la arquitectura pasiva, en la que la edificación se convierte de forma natural en el sistema de captación, control, regulación, acumulación y distribución de energía que necesitan sus ocupantes para vivir (Bedoya y Neila, 1997).

El Passivhaus o casa pasiva es un tipo de arquitectura que se centra en el diseño para conseguir la máxima eficacia energética, adapta la construcción al entorno y disminuye al máximo el impacto ambiental. El movimiento nació en los 70, pero fue en 1991 cuando se desarrolló en Alemania y se extendió a todo el mundo. Se basa en combinar un elevado confort en el interior con un consumo mínimo de energía y un precio asequible, gracias a un buen aislamiento y un sistema de ventilación controlada. El consumo energético tan bajo hace posible que se puedan utilizar solamente energías renovables (Energiehaus, 2017; Plataforma Edificación Passivhaus, 2017). El coste inicial de diseño de la vivienda es un poco más caro que el de una casa de arquitectura activa pero gracias al poco consumo energético se recupera la inversión inicial. A la hora de construir una casa pasiva los elementos a tener más en cuenta son: la orientación, la exposición a la luz solar, un sistema de ventilación controlado y un buen aislamiento que a su vez permita una buena circulación del aire (Benítez, 2016).

De los aspectos mencionados, nuestro trabajo se centra en la ventilación proporcionada por los muros de Trombe para poder refrigerar o calentar la casa dependiendo de la temperatura exterior.

El muro Trombe creado por Félix Trombe y el arquitecto Jacques Michel fue ideado en 1967 en una vivienda experimental. Es un muro de obra, normalmente de 20 a 40 cm de grosor, de color oscuro para absorber la mayor energía posible y expuesto a radiación solar. Es un sistema solar pasivo de calefacción y refrigeración en la cual el muro capta, acumula y distribuye el calor; para que el calor se distribuya es preciso que el muro tenga rejillas de tres tipos: en el muro situado al sur unas ranuras en el suelo y otras en el techo y, en el norte rejillas en el suelo. El objetivo de los muros cambiará según el clima o en verano e invierno, por ello existen dos posiciones diferentes (Wachberger, 1984).

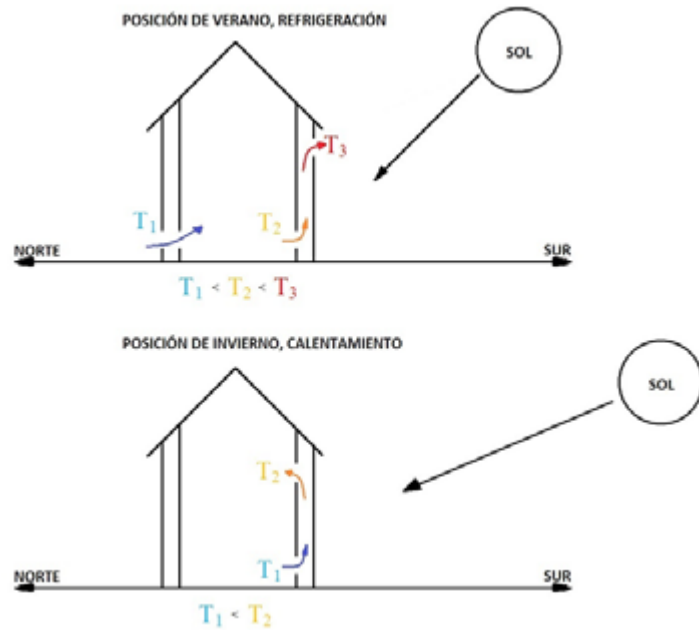
En primer lugar la posición de refrigeración o de verano. Para descender la temperatura de la vivienda se abrirán al exterior las rejillas del norte y la situada en la parte sur en el superior. De esta manera se creará una corriente en el interior



de manera que entrará el aire frío de la parte del norte y a medida que se caliente saldrá por la ranura superior del sur; de esta manera, se introduce aire fresco en la casa y se extrae el aire caliente.

En segundo lugar la posición de calentamiento. Para aumentar la temperatura se cierran todas las rejillas exteriores y la interior del norte y, se dejan abiertas las interiores del sur. De esta manera el aire entra por las rejillas inferiores, se calienta y vuelve a introducirse en la casa a mayor temperatura.

Figura 01



Teóricamente, el grado de efectividad de un muro acumulador viene determinado por el espesor, material y color de la superficie. Aunque para que estos sistemas de ventilación funcionen también es imprescindible un buen aislamiento. Las dimensiones idóneas, varían dependiendo de muchos factores distintos, tales como: las condiciones climáticas del lugar, temperatura interior deseada o el volumen del espacio en el que se quiere aplicar.

En nuestro trabajo nos conformaremos con comprobar su efectividad.

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestra hipótesis de trabajo establece que los muros de Trombe cumplen su cometido y obtienen diferencias de temperatura substanciales respecto de edificaciones análogas que carecen de tales sistemas.



Junto a nuestra hipótesis de trabajo surgen preguntas que en adelante se convierten en objetivos de este estudio:

- ¿Qué diferencia proporcionan los muros de Trombe sobre edificaciones análogas en posición de verano?
- ¿Qué diferencia proporcionan los muros de Trombe sobre edificaciones análogas en posición de invierno?

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Superada la búsqueda de información relativa a nuestro trabajo (apartado antecedentes), se diseñaron los experimentos que nos permitieran contrastar nuestra hipótesis y responder las preguntas planteadas.

1.DISEÑO DEL EXPERIMENTO:

Para comprobar la eficacia o bondad de los muros de Trombe se ha optado por construir dos maquetas de casas iguales, con la única diferencia que una de ellas está dotada por dos muros de Trombe. Estas casas deben cumplir con la obligación de que son exactamente iguales cuando los muros de Trombe estén inactivos.

A continuación, las dos maquetas se someterán a las mismas condiciones en las posiciones de invierno y verano y se anotarán los resultados. Fruto de los resultados obtenidos se espera contrastar la hipótesis planteada.

2.DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN:

Para llevar a cabo las pruebas del experimento es necesario disponer de un sistema que permita medir temperaturas en distintos lugares y almacenarlas. Para ello, se ha decidido utilizar la tecnología Arduino (2017). Concretamente se van a utilizar: dos Arduino Uno, 6 sensores LM35, 2 tarjetas SD y una pequeña pantalla LCD.

Por un lado, al primero de los Arduinos se conectarán: 3 sensores LM35, una tarjeta SD para almacenar datos y una pantalla LCD que nos permita ver las temperaturas medidas en tiempo real. Estos tres sensores de temperatura se utilizarán para medir las temperaturas interiores de las casas y la temperatura exterior o ambiental.

Por otro lado, al segundo de los Arduinos se conectarán: 3 sensores LM35 y una tarjeta SD para almacenar datos. Estos tres sensores se utilizarán para medir las temperaturas en los muros de Trombe: uno se ubicará en la rejilla norte y los otros en las rejillas sur, para observar cómo se produce la transferencia de calor.

Se puede observar la disposición espacial de los sensores en la pruebas en la figura 2, punto 3.



3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS CASAS:

Las casas, exteriormente, son dos cubos de 42x40x40 cm; están compuestas por:

- Una base 40x40x1 cm
- Dos paredes este y oeste de 40x40x0,3 cm
- Una tapa o tejado 40x40x1 cm
- Dos dobles paredes que componen los dos muros norte y sur, de 40x39,4x0,3 cm

La base, tejado y paredes este y oeste son exactamente iguales para las dos casas. En cambio las dobles paredes norte y sur son diferentes. En el caso de la casa no pasiva, no dotada con los muros Trombe, se trata de cuatro paredes ordinarias, sin ningún tipo rejilla. En el caso de la casa pasiva: las dos paredes que se ubicarán en el norte están dotadas de dos rejillas en la parte inferior; la pared exterior sur está dotada de dos rejillas en la parte superior y la pared interior sur de dos rejillas en la parte inferior y otras dos superiores.

El espesor de las cámaras es de 22 mm; o lo que es lo mismo la relación entre la cámara de Trombe y el interior de nuestra casa es $22/400-4\cdot3-22\cdot2 = 22/344 = 6,4\%$.

Figura 02

Las dos casas con la tapa abierta: a la izquierda la casa pasiva, a la derecha la no pasiva. En colores la ubicación de los sensores de temperatura.



4. CALIBRACIÓN DE SENSORES:

Con objeto de que los sensores de temperatura midiesen los más parecido posible, en esta fase se probaron 11 sensores LM35 para medir la temperatura de un mismo recinto. Para ello se conectaron los sensores a dos Arduino Uno y se realizaron distintas pruebas, apartando y eligiendo los 6 sensores que medían temperaturas más similares (Huarte *et. al.*, 2017b).

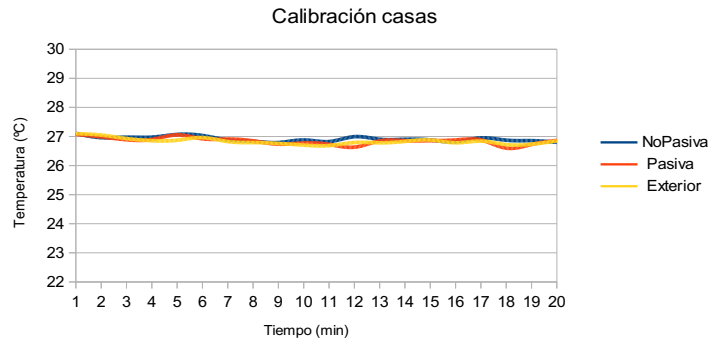
Tras la prueba final de 30 minutos que se hizo con los 6 sensores elegidos, la diferencia mayor observada entre sensores fue de 1 °C, siendo la temperatura medida por cuatro de los sensores prácticamente igual. Estos cuatro sensores fueron los elegidos para los puntos de medición más importantes: temperaturas interiores casas, temperatura exterior y temperatura muro norte. Las temperaturas del muro sur son las que en teoría nos deben dar valores más dispares, por lo que la precisión es menos necesaria.

5. CALIBRACIÓN DE LAS CASAS:

Se comprobó que las dos casas eran iguales en ausencia de los muros de Trombe. Para ello se cerraron las rendijas de la casa dotada por los muros de Trombe con cinta americana y se midieron las temperaturas interiores. Se obtuvieron las mismas temperaturas, considerando las casas iguales y válidas para el experimento. Esta prueba se realizó en tres ocasiones, en distintos lugares y horas (Huarte et. al., 2017b). A modo de verificación se aporta el gráfico obtenido de una de las pruebas.

Figura 03

Calibración de la casas, prueba 3.



6. REALIZACIÓN DE EXPERIMENTOS:

Se realizaron dos tipos de pruebas diferentes: la prueba de enfriamiento o posición de verano y la prueba de calentamiento o posición de invierno; para cada una de las pruebas se abrían o cerraban las rejillas de la casa pasiva según se ha explicado.

En todos los casos la forma de proceder fue la misma: para empezar se abren las casas, de tal forma que las temperaturas iniciales de las dos casas y la exterior sean todas iguales; la duración de las pruebas fue aproximadamente de 30 minutos (Huarte et. al., 2017b). La hora elegida fue el mediodía solar y el lugar el patio de instituto Iturrama de Pamplona/Iruña.

RESULTADOS

• POSICIÓN INVIERNO:

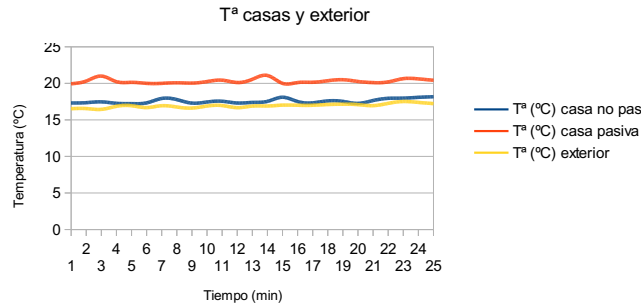
Se pudieron realizar muy pocas pruebas. Dado que cuando se empezaron las pruebas era ya abril y en el año 2017 abril ha sido un mes muy caluroso en Pamplona. Realmente de las pocas pruebas realizadas, en una única prueba se consiguió que los datos se grabasen correctamente. De cualquier forma los resultados son reveladores.

Se obtiene una diferencia de 2,25 °C a favor de la casa pasiva, aumentando la temperatura sobre el exterior 3 °C.



Figura 04

Temperaturas interiores de las casas pasiva y no pasiva y temperatura exterior.



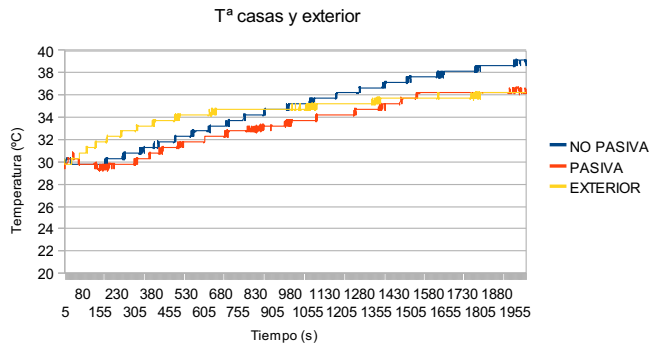
Posición invierno

•POSICIÓN VERANO:

Se realizaron bastantes pruebas con resultados muy parecidos. A continuación una gráfica que expresa claramente el funcionamiento de las casas.

Figura 05

Temperaturas interiores de las casas pasiva y no pasiva y temperatura exterior.



Posición verano

Se puede observar que la casa pasiva establece diferencias de 3 °C respecto de la casa no pasiva. Pero al mismo tiempo apenas refrigera respecto de la temperatura exterior o ambiental.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

La primera conclusión extraída es que la casa pasiva es capaz de obtener diferencias sustanciales, de 2-3 °C, respecto de la no pasiva tanto en posición verano como en posición invierno. Luego, es una buena forma de ahorrar energía.

Las pruebas realizadas en posición verano no son todo lo satisfactorias que nos gustaría: la casa pasiva establece diferencias de 3 °C respecto de la casa no pasiva, pero no refrigera respecto de la temperatura exterior, aunque refrigera no es capaz de desalojar tanto calor como recibe, por ello no mejora la temperatura ambiental, no cumple su misión. Nuestra creencia apunta a dos posibilidades que justifican este hecho:



- Por un lado, pudiera ser que las casas no estén convenientemente aisladas. Recordar con énfasis la necesidad de un buen aislamiento para que este sistema sea realmente eficaz.
- Por otro, enfriar significa disminuir entropía, proceso mucho más difícil que calentar, dado que la entropía tiende a aumentar.

BIBLIOGRAFÍA

- Arduino (2017), Web oficial Arduino, [en línea], disponible en: <https://www.arduino.cc/>, [consultado el 16/10/2017].
- Bedoya, C. y Neila, F. J. (1997), Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental, Madrid, Munilla-Lería.
- Benítez, L. (2016), “¿Qué es la arquitectura pasiva?”, Holaluz, [en línea], disponible en: <https://blog.holaluz.com/que-es-la-arquitectura-pasiva/>, [consultado el 16/10/2017].
- Energiehaus (2017), [en línea], disponible en: <http://www.energiehaus.es/>, [consultado el 16/10/2017].
- Huarte, A., Iracheta, C. y Ruiz de Galarreta (2017a), Sitio Drive Eficacia de muros de Trombe, [en línea], disponible en: <https://drive.google.com/drive/folders/0Bzff9UkTzwShVlphZ01lRkZsS3c>, [consultado el 16/10/2017].
- Huarte, A., Iracheta, C. y Ruiz de Galarreta (2017b), “Lista de reproducción Eficacia de muros de Trombe”, Youtube, [en línea], disponible en: https://www.youtube.com/playlist?list=PLsxvcnQ_3Dd6GZ_7pBM-0q276XhrT9-kHi, [consultado el 16/10/2017].
- World Resources Institute (2003), “Países por consumo de energía per cápita (s.f.)”, Wikipedia, [en línea], disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses_por_consumo_de_energ%C3%ADa_per_c%C3%A1pita, [consultado el 16/10/2017].
- Plataforma Edificación Passivhaus (2017), [en línea], disponible en: <http://www.plataforma-pep.org/>, [consultado el 16/10/2017].
- Wachberger, M. (1984), Construir con el sol, Barcelona, Gustavo Gili.

LINKS:

Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores



CIENCIAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MATEMÁTICAS

PREMIO ESPECIAL DEL JURADO |

- 367 - **La función factorial: divisibilidad de coeficientes binomiales y convergencia de series p -ádicas**
SILVIA CASACUBERTA PUIG

PRIMER PREMIO |

- 375 - **Desarrollo de un criptosistema para superficies 2.5D que preserve el formato**
MATEO RODRÍGUEZ POLO

SEGUNDO PREMIO |

- 385 - **Cocina, evolución y reacción de Maillard**
FRANCISCO JOSÉ PÉREZ
- 395 - **Método de las distancias lunares con instrumentos de fortuna**
BELÉN YU IRURETA-GOYENA CHANG

TERCER PREMIO |

- 405 - **La belleza molecular del cardo mariano.
Propuesta computacional de la diana proteica de la silibinina**
GUILLEM VILA SILES
- 417 - **Análisis de pantallas táctiles mediante la difracción de un láser**
ÍÑIGO RÍOS ARROYO Y CARLOS TEJEDOR BIELZA

ACCESIT |

- 425 - **Lagarto, lagarto (Diseño y construcción de maquetas que, de forma novedosa, ayudan a entender qué es la tensión superficial y justifican por qué el basilisco puede andar sobre el agua)**
ANDREA MORENO CABRERA Y PEDRO VÁZQUEZ BERNAL

the 1990s, the number of people with a university degree has increased from 10% to 20%.

There are several reasons for the increase in the number of people with a university degree. One reason is that the number of people who go to university has increased. Another reason is that the number of people who graduate from university has increased. A third reason is that the number of people who have a university degree but do not work in a university has increased.

The increase in the number of people with a university degree has led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the service sector has increased from 50% to 60%. This is due to the fact that the service sector has become a more important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the manufacturing sector has decreased from 30% to 20%. This is due to the fact that the manufacturing sector has become a less important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the agricultural sector has decreased from 10% to 5%. This is due to the fact that the agricultural sector has become a less important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the public sector has increased from 10% to 15%. This is due to the fact that the public sector has become a more important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the private sector has increased from 40% to 45%. This is due to the fact that the private sector has become a more important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the non-profit sector has increased from 5% to 10%. This is due to the fact that the non-profit sector has become a more important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the voluntary sector has increased from 5% to 10%. This is due to the fact that the voluntary sector has become a more important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the informal sector has increased from 5% to 10%. This is due to the fact that the informal sector has become a more important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the underground economy has increased from 5% to 10%. This is due to the fact that the underground economy has become a more important part of the economy.

The increase in the number of people with a university degree has also led to a change in the structure of the labour market. In the 1990s, the number of people working in the black economy has increased from 5% to 10%. This is due to the fact that the black economy has become a more important part of the economy.



La función factorial: divisibilidad de coeficientes binomiales y convergencia de series p -ádicas

/ PREMIO ESPECIAL DEL JURADO

AUTORA | SILVIA CASACUBERTA PUIG

COORDINADOR | XAVIER TAIXÉS VENTOSA

CENTRO | AULA ESCOLA EUROPEA

CIUDAD | BARCELONA

RESUMEN |

Este trabajo contiene los resultados de mi estudio de dos problemas abiertos en teoría de números, ambos relacionados con la función factorial. El primero es una conjetura no resuelta sobre propiedades de divisibilidad de los coeficientes binomiales y el segundo se refiere a la racionalidad o irracionalidad de la suma de ciertas series p -ádicas. Como frutos de este trabajo he publicado dos sucesiones en la Online Encyclopedia of Integer Sequences (OEIS), así como un artículo en arXiv (1710.11484). También he creado una página web que recoge los códigos de C++ que he usado, así como la mayoría de conceptos matemáticos trabajados (<https://numbertheoryandgrouptheory.yolasite.com/>).

Palabras clave: Teoría de números, coeficientes binomiales, espacio entre primos, series p -ádicas, racionalidad, convergencia, aritmética modular.

ABSTRACT |

This paper includes results that contribute to two open problems in Number Theory related to the factorial function. The first problem is a conjecture about divisibility on binomial coefficients and the second one refers to the possible rationality and convergence of certain p -adic series. With the results and proofs of this paper I have published two sequences in the Online Encyclopedia of Integer Sequences (OEIS), as well as an article on arXiv (1710.11484). I have also created a webpage with the C++ programs that I have coded for these two open problems (<https://numbertheoryandgrouptheory.yolasite.com/>).

Keywords: Computational NP problem, TSP problem, viewpoints, electric vehicles.



INTRODUCCIÓN

Este trabajo está motivado por aplicaciones de la función factorial en distintas áreas de las Matemáticas. La función factorial, que se denota como $n!$, se define como el producto de todos los enteros positivos desde 1 hasta n . Aparece en la definición de los coeficientes binomiales $\binom{n}{k}$:

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Los coeficientes binomiales son ubicuos en combinatoria, ya que $\binom{n}{k}$ cuenta el número de maneras de escoger k elementos de un conjunto de n sin reposición y sin tener en cuenta el orden en que se escogen.

El interés de la primera parte de este trabajo se centra en un problema abierto (todavía sin resolver) en teoría de números sobre la divisibilidad de coeficientes binomiales, el cual ha sido propuesto en un artículo muy reciente (Shareshian y Woodroffe, 2018). En ese artículo se conjetura que para todo entero positivo n existen primos p y s tales que si $1 \leq k \leq n-1$ entonces el coeficiente binomial $\binom{n}{k}$ es divisible por al menos uno de p o s . En este trabajo he demostrado un listado de casos en los cuales esta conjetura es cierta.

Por otra parte, debido a mi interés por la teoría de números empecé a leer información sobre análisis p -ádico. Se trata de un campo relativamente nuevo en Matemáticas que está resultando ser muy potente. Pronto me di cuenta de que la función factorial también era usada con mucha frecuencia en series de potencias en análisis p -ádico. Los enteros p -ádicos son una extensión de los números enteros ordinarios y comparten muchas de sus propiedades. Cada entero posee una expansión p -ádica, lo cual simplemente significa que se escribe el entero en base p . Los enteros p -ádicos se obtienen permitiendo que estas expansiones p -ádicas sean infinitas.

En análisis p -ádico, como la métrica p -ádica es muy diferente de la métrica usual en \mathbb{R} , es instructivo estudiar la convergencia de series infinitas. La serie $\sum_{n=0}^{\infty} n!$ converge en la métrica p -ádica para todo p y da lugar a un problema abierto muy interesante: no se sabe si la suma de la serie $\sum_{n=0}^{\infty} n!$ en el conjunto \mathbb{Z}_p de los enteros p -ádicos es un número racional o irracional (en contraste con el hecho de que la suma $\sum_{n=0}^{\infty} 1/n!$ en \mathbb{R} es un conocido irracional: el número e).

Con este objetivo he analizado distintos tipos de series p -ádicas y estudiado su convergencia. He demostrado que si cambiamos $n!$ por la potencia más alta de p que divide a $n!$ se obtiene una serie cuya suma es irracional en \mathbb{Z}_p para todo primo p . La idea de sustituir $n!$ por la potencia más alta de p que lo divide es reminiscente a la fórmula de Stirling, que proporciona una forma no recursiva de aproximar el valor de $n!$ en \mathbb{R} . Basándome en resultados de cálculos, he planteado varias conjeturas sobre sumas de series p -ádicas y, en concreto, he hallado muchos valores de m para los cuales la serie $\sum_{n=0}^{\infty} n^k (n+m)!$ no converge a ningún entero en la métrica p -ádica.



Aparte de los teoremas y conjeturas expuestos en este resumen, durante este proceso he escrito diversos programas en C++, tanto para los coeficientes binomiales como para las series p -ádicas. Pensé que estos recursos podrían ser útiles para otras personas que quisieran hacer aportaciones a la investigación y por ello he creado una página web llamada *Number Theory and Group Theory*, que incluye todos mis programas (<https://numbertheoryandgrouptheory.yolasite.com>). Es posible descargar el código de todos los programas desde la página web y también he incluido explicaciones y resultados de la investigación. Otro resultado relevante de este trabajo ha sido la publicación de dos nuevas sucesiones en la *Online Encyclopedia of Integer Sequences* (OEIS) en julio de 2017, con las referencias A290203 y A290290. Finalmente, también he publicado electrónicamente una de las demostraciones de la investigación en arXiv (<https://arxiv.org/pdf/1710.11484.pdf>).

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

El primer gran objetivo de este trabajo es estudiar la siguiente conjetura de Shareshian y Woodrooffe [1] y demostrar el máximo número de casos en los cuales se cumple:

Conjetura. Para todo entero positivo n existen dos primos p y s tales que si $1 \leq k \leq n - 1$ entonces el coeficiente binomial $\binom{n}{k}$ es divisible por al menos uno de p o s .

En este resumen diremos que un entero positivo n cumple la Condición 1 si existen primos p y s tales que si $1 \leq k \leq n - 1$ entonces el coeficiente binomial $\binom{n}{k}$ es divisible por al menos uno de esos primos p o s . También usaremos la siguiente definición:

Definición. Un entero positivo n satisface la N -variación de la Condición 1 si existe un conjunto formado por N primos distintos tales que si $1 \leq k \leq n - 1$ entonces el coeficiente binomial $\binom{n}{k}$ es divisible por al menos uno de esos N primos.

El segundo objetivo es hallar una aproximación p -ádica de la función $n!$ y demostrar la irracionalidad de la suma de la serie cuyo término general es la función hallada y finalmente discernir en qué casos la serie $\sum_{n=0}^{\infty} n^k (n+m)!$ no converge p -ádicamente a ningún entero.

RESULTADOS

Presentamos en este resumen algunos de los resultados de esta investigación:

Proposición. Un entero positivo n satisface la 1-variación de la Condición 1 con un primo p si y solo si $n = p^\alpha$ para algún valor de $\alpha > 0$.



Corolario. Si $n = p^\alpha + 1$, entonces n satisface la Condición 1 con el primo p y cualquier factor primo de n .

Proposición. Si un entero positivo n es igual al producto de dos potencias de primos p^α y q^β , entonces n satisface la Condición 1 con p y q .

Teorema. Sea q el mayor primo menor que un entero positivo n y sea p^α cualquier potencia de un primo que divida a n . Si $n - q < p^\alpha$, entonces n satisface la Condición 1 con p y q .

Siempre nos referimos al mayor primo menor que $n/2$ como q_r .

Teorema. Si n es impar y $n - q > n - 2q_r$, entonces n satisface la Condición 1 con p y q_r .

Lema. Si n es par y $p \neq 2$, entonces el único múltiplo de p^α en el intervalo $(q_r, n/2)$ es $n/2$.

Teorema. Si 2^α divide a n y satisface $n - q > 2^\alpha > n - 2q_r$ entonces n satisface la Condición 1 con 2 y q_r .

Proposición. Un primo p divide a $\binom{n}{k}$ si y solo si al menos una de las fracciones $\left[\frac{n}{p^\alpha} \right]$ con $\alpha \geq 1$ es impar.

Corolario. Sea $S_p(n)$ la representación de n en base p . Entonces si $\frac{S_p(n)}{p-1}$ es impar, p divide a $\binom{n}{k}$.

Corolario. Si cualquiera de los dígitos de la representación de $n/2$ en base p es mayor que $\left[\frac{p}{2} \right]$, entonces el coeficiente binomial $\binom{n}{n/2}$ es divisible por p .

Corolario. Si uno de los dígitos en la representación de n en base p es impar, entonces el primo p divide a $\binom{n}{n/2}$.

Corolario. Si $p^{\left\lceil \frac{\log n}{\log p} \right\rceil} > n/2$ y además $n - q > p^\alpha > n - 2q_r$, entonces p divide a $\binom{n}{k}$ y en consecuencia n satisface la Condición 1 con p^α y q_r .

Para la demostración de estos últimos corolarios uso el teorema de Kummer (Kummer, 1852) además del teorema de Legendre. Siempre nos referimos al t -ésimo número primo como ρ_t . Usamos las siguientes conjeturas de Cramér, Oppermann y Riemann (Legendre, 1932; Granville, 1995; Paz, 2014). Todas estas demostraciones usan la regla de L'Hôpital.

Conjetura (Cramér). Para algunas constantes M y N , $\rho_{t+1} - \rho_t \leq M (\log \rho_t)^2$ cuando $\rho_t \geq N$.



A partir de ella obtenemos los siguientes resultados.

Proposición. Si la conjetura de Cramér es cierta, entonces el entero np^α satisface la Condición 1 cuando α es suficientemente grande.

Conjetura (Oppermann). Para alguna constante M , se cumple $\dot{\rho}_{t+1} - \dot{\rho}_t \leq M \sqrt{\dot{\rho}_t}$.

Proposición. Si la conjetura de Oppermann es cierta entonces el entero np^α satisface la Condición 1 cuando α es suficientemente grande.

La siguiente conjetura se deriva de la hipótesis de Riemann.

Conjetura (Riemann). Para alguna constante M , se cumple $\dot{\rho}_{t+1} - \dot{\rho}_t \leq M \log(\dot{\rho}_t)$.

Proposición. Si la hipótesis de Riemann es cierta entonces el entero np^α satisface la Condición 1 cuando α es suficientemente grande.

Queremos encontrar el mínimo número N de primos tal que quede demostrado que todos los enteros positivos n satisfacen la N - variación de la Condición 1. He encontrado cuatro cotas superiores para N . Como en los cuatro casos N depende de n , la mejor cota dependerá de cada n .

Primera cota superior. Si n tiene m factores primos distintos, entonces n satisface la m -variación de la Condición 1 con los m factores primos.

Segunda cota superior. Sea q_d el mayor primo menor que n/d y sea p^α cualquier potencia de un primo que divida a n tal que $p^\alpha > n - dq_d$. Si $p^\alpha > q_d + n - dq_d$ entonces n satisface la N -variación de la Condición 1 con $N = 2 + [d/2]$.

Con la segunda cota demuestro otro caso en el cual n satisface la Condición 1:

Afirmación. Si $d < 5$ y $p^\alpha > q_d + n - dq_d$, entonces n satisface la Condición 1 con q_d y p_q .

Tercera cota superior. Sea $\beta = n - dq_d$ y sea $\gamma = p^\alpha - cq_d$. Para toda $c \geq 0$, n satisface la N -variación de la Condición 1 con $N = 2 + \left[\frac{k\gamma q_d - (c-1)}{\gamma q_d} \right] \beta$, donde

$$k = \left[\frac{d}{2\gamma q_d} \right].$$

Cuarta cota superior. Todos los enteros n satisfacen la N -variación de la Condición 1 con $N = 2 + \sum_{\delta=0}^{\beta} [\hat{y}(\delta)/p^\alpha] \leq 2 + (\beta + 1) \left[\frac{d}{2^\alpha} \right]$

Teorema. La suma de la serie $\sum_{n=0}^{\infty} p^{t \frac{n-S(n)}{p-1}}$ es irracional en \mathbb{Z}_p para cualquier primo p .



Figura 02

Ciclos de $P_k(-1)$, $P_k(1)$ y s_k evaluados módulo 4.

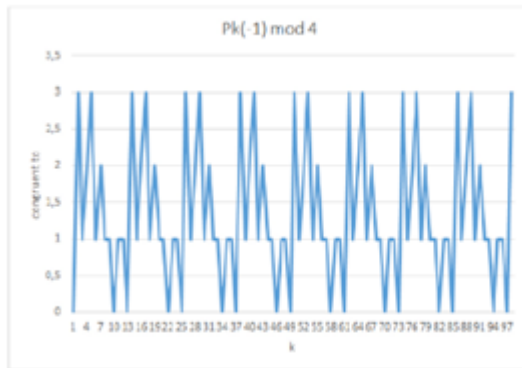
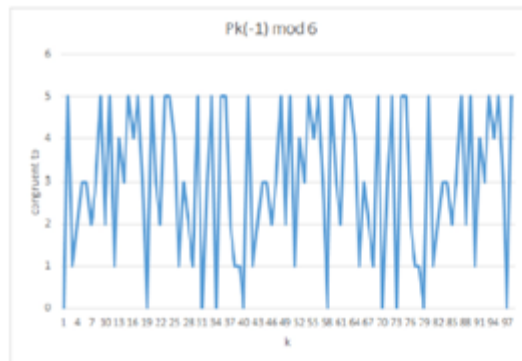


Figura 03

Ciclos de $P_k(-1)$, $P_k(1)$ y s_k evaluados módulo 6.



BIBLIOGRAFÍA

- Granville, Andrew (1995), “Harald Cramér and the distribution of prime numbers”, *Scandinavian Actuarial Journal*, pp. 12-28.
- Kummer, Ernst (1852), “Über die Ergänzungssätze zu den allgemeinen Reziprozitätsgesetzen”, *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, p.44, pp. 93-146.
- Legendre, Adrien-Marie (1932), *Théorie des Nombres*, Firmin Didot Frères, Paris.
- Paz, Germán (2014), *On Legendre's, Bocard's, Andrica's and Oppermann's conjectures*, arXiv:1310.1323.
- Shareshian, John and Woodroffe Russ (2018), “Divisibility of binomial coefficients and generation of alternating groups”, *Pacific Journal of Mathematics*, p. 292, pp. 223-238.

LINKS:

Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores



Desarrollo de un criptosistema para superficies 2.5D que preserve el formato

/ PRIMER PREMIO

AUTOR | MATEO RODRÍGUEZ POLO

COORDINADOR | ANASTASIO GONZÁLEZ DEL MAZO

CENTRO | IES VAGUADA DE LA PALMA

CIUDAD | SALAMANCA

RESUMEN |

En este proyecto se elabora un innovador Criptosistema para Superficies 2.5D que preservará siempre la naturaleza de la superficie. Se han empleado Sistemas Dinámicos Caóticos, que tienen mucha repercusión en la actualidad, concretamente el Cat Map y el Tent Map. Por primera vez serán aplicados a Superficies 2.5D. Además, se realiza un estudio de la seguridad del criptosistema, exponiendo un criterio cuantitativo para discrepancias entre superficies y analizando cualitativamente casos extremo.

Palabras clave: Matemática Aplicada, superficies 2.5D, criptografía, sistemas dinámicos caóticos, interpolación poligonal, cat map, tent map.

ABSTRACT |

In this project, an innovative Cryptosystem for 2.5D Surfaces which preserves the nature of the surface is developed. To increase its security, Chaotic Dynamic Systems, which have a great impact nowadays, have been employed. More precisely, the Cat Map and the Tent Map will be used (for the first time for these surfaces). Finally, a study of the security of the Cryptosystem has been conducted, both qualitatively and quantitatively, by defining a criterion to compare an original surface and an encrypted one.

Keywords: Applied Mathematics, 2.5d surfaces, cryptosystem, chaotic dynamic systems polygon interpolation, cat map, tent map.



Con el uso generalizado de las nuevas tecnologías, transmitimos continuamente información que debe ser protegida. Para ello, esa información se oculta mediante el uso de Criptosistemas, que son un conjunto de procedimientos y claves que permiten garantizar la confidencialidad, la autenticidad y la integridad del mensaje.

En este proyecto se elabora un innovador Criptosistema para Superficies 2.5D, muy utilizadas en representaciones de mapas topográficos o isobáricos. Además, a diferencia de otros, el Criptosistema preservará siempre la naturaleza de la superficie, sin necesidad de traducirla al lenguaje binario.

El objetivo de este proyecto es elaborar un Criptosistema que:

- Sea capaz de cifrar y descifrar toda superficie 2.5D dada por una malla de puntos.
- Sea capaz de cifrar y descifrar toda superficie 2.5D dada por una función.
- Tenga un espacio de clave amplio (esto es, que no sea factible un ataque por fuerza bruta sobre las claves).
- Utilice sistemas dinámicos caóticos para aumentar su seguridad.
- Sea sensible a pequeñas variaciones tanto en las claves como en la superficie original.
- Pueda implementarse fácilmente en cualquier proceso comunicativo.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

La Criptografía es la ciencia cuyo objetivo es la ocultación de mensajes. La herramienta que utiliza son los Criptosistemas: un Criptosistema es un procedimiento que, mediante el uso de diversos algoritmos y de una clave secreta, transforma un mensaje de tal manera que sea ilegible para todo aquel que no posea la clave, y legible para el que la posea.

Existen dos grandes clases de Criptosistemas: los de clave pública y los de clave privada. El desarrollado en este proyecto pertenecerá al segundo tipo. En éstos, se asume que el emisor y el receptor poseen la clave utilizada en el Criptosistema, que es la misma para cifrar y para descifrar. Poseen numerosas ventajas, como por ejemplo que pueden cifrar grandes cantidades de datos con poco coste computacional y que el tamaño de la clave secreta suele ser pequeño, normalmente entre 128 y 512 bits. No obstante poseen el inconveniente que hay que distribuir las claves antes de la comunicación.

Los Criptosistemas de clave pública (como por ejemplo el conocido RSA, con el que se cifra la mayoría de la información de Internet) tienen un funcionamiento más complejo. Todos los usuarios del sistema disponen de una clave pública y de una privada. La clave pública sirve para cifrar y la privada para descifrar lo cifrado por la pública. De este modo, si A quiere enviar un mensaje a B, lo



encriptará con la clave pública de B, y B lo descifrará con su propia clave privada. El espía C tendrá acceso al mensaje cifrado que envía A, pero al carecer de la clave privada de B no podrá acceder al original. En comparación frente a los Criptosistemas de clave privada, tienen un rendimiento menor, mostrando dificultades para cifrar cantidades de datos altas y poseyendo claves muy extensas.

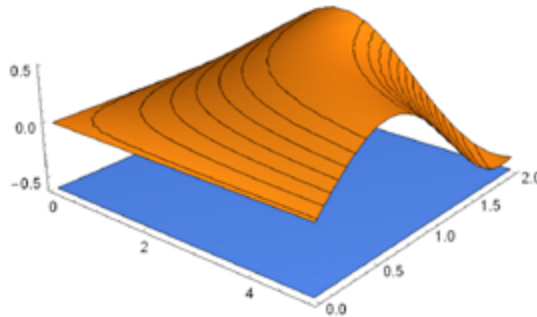
Para suplir las carencias del uno y del otro, es común el uso de un procedimiento conocido como envoltura digital: como Criptosistema principal se utiliza un Criptosistema de clave privada, y sus claves, que no suelen tener un tamaño excesivamente grande, se distribuyen mediante un Criptosistema de clave pública. Mediante este sencillo proceso se soluciona así la dificultad de distribución de claves que el Criptosistema desarrollado pudiera tener.

El tipo de archivo que se cifrará en este proyecto serán superficies 2.5D. Este tipo de superficies es muy habitual en la representación de mapas topográficos, o en general, en representaciones tridimensionales de un campo escalar (es decir, una porción del espacio en la que varía una determinada magnitud, como la altitud o la temperatura).

Llamamos superficie 2.5D a toda superficie definida por una función bidimensional $z = f(x, y)$ de tal manera que la fibra de todo punto sea uno y un sólo punto, como se ejemplifica en la Imagen 1.

Figura 01

Ejemplo de superficie 2.5D, concretamente la dada por la función $f(x, y) = \sin(xy)$.



Es habitual que una superficie venga dada por una serie de puntos pertenecientes a ella (de hecho éste será prácticamente el único caso que se dará en la práctica). A partir de ellos se puede reconstruir una superficie que pase por todos ellos de diversas maneras (siempre cometiendo un error con respecto a la superficie original). Algunos de estos sistemas son la Interpolación de Lagrange o las Superficies de Bézier. No obstante, en este proyecto se utilizó la Interpolación Poligonal, por su sencillez de programado y su considerable precisión.

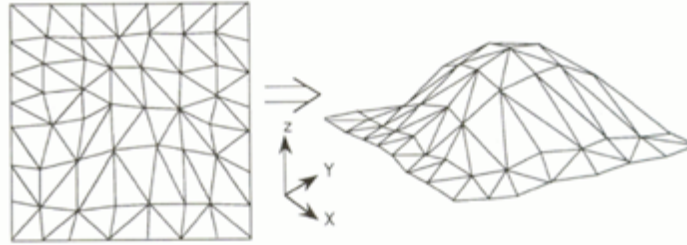
Para interpolar una superficie con este método, se triangulan las proyecciones horizontales de los puntos utilizando un procedimiento conocido como Triangulación de Delaunay (cuyo objetivo es que la deformación producida sea mínima, y sus condiciones podrían reducirse a conseguir que los triángulos sean



lo más equiláteros posibles), y luego se vuelven a levantar al espacio con sus alturas originales, como sugiere el siguiente esquema:

Figura 02

Interpolación Poligonal
(Google Images).



Por otra parte, en el Criptosistema desarrollado se hará uso de Sistemas Dinámicos Caóticos. No obstante, su aplicación a la criptografía ya era bien conocida: el primer trabajo científico sobre criptografía caótica se publicó en 1991 (T. Habutsu *et al*, 1991).

Los sistemas caóticos pueden ser definidos de forma intuitiva como aquellos sistemas que dependen críticamente de las condiciones iniciales. Esto es, que ligeramente distintas condiciones iniciales pueden dar resultados completamente diferentes. Por ejemplo, una mesa de billar puede ser considerado un ejemplo físico de sistema caótico, ya que una pequeña variación en la fuerza o ángulo de tiro puede ser la diferencia entre un tiro perfecto y un tiro perdedor. Más formalmente:

Definición: Se dice que una aplicación $f: I \rightarrow \mathbb{R}$ depende críticamente de las condiciones iniciales si dado $\beta > 0$ (esto es, un número muy grande), para cualquier valor de $\varepsilon > 0$ (esto es, un valor muy pequeño pero mayor que 0) y dos condiciones iniciales x e y tales que $|x - y| < \varepsilon$, existe un número $n > 0$ tal que $|f^{(n)}(x) - f^{(n)}(y)| > \beta$, donde $f^{(n)}$ es la aplicación f iterada n veces.

Intuitivamente podemos afirmar que un sistema será más caótico cuanto más dependa de las condiciones iniciales. Para poder cuantificarlo se utiliza el exponente de *Lyapunov*, que caracteriza el grado de separación de dos trayectorias infinitesimalmente cercanas de un sistema dinámico. Además, se tiene como resultado que un sistema será caótico si y solo si el exponente de *Lyapunov* es mayor que cero. Será por tanto suficiente hallarlo para los sistemas utilizados para así comprobar su carácter caótico.

ESTRUCTURA DEL CRIPTOSISTEMA

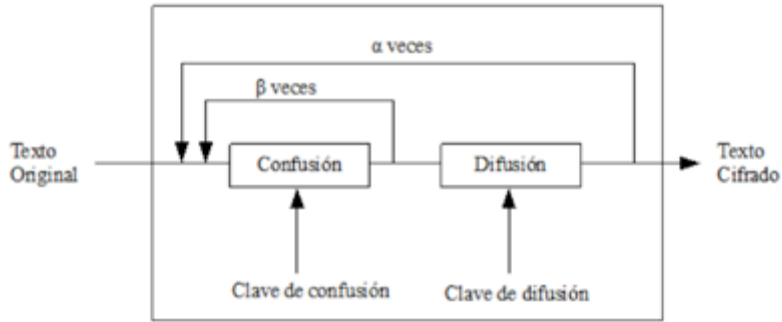
El esquema del funcionamiento del criptosistema es similar al de otros ya previamente publicados, especialmente destinados al cifrado de imágenes: prime-



ro se le aplicará una fase de confusión a la superficie original β veces, tras lo cual se le aplicará una fase de difusión una vez. Por último, todo esto se repetirá otras α veces. Se corresponde con el diagrama de flujo mostrado en la imagen 3.

Figura 03

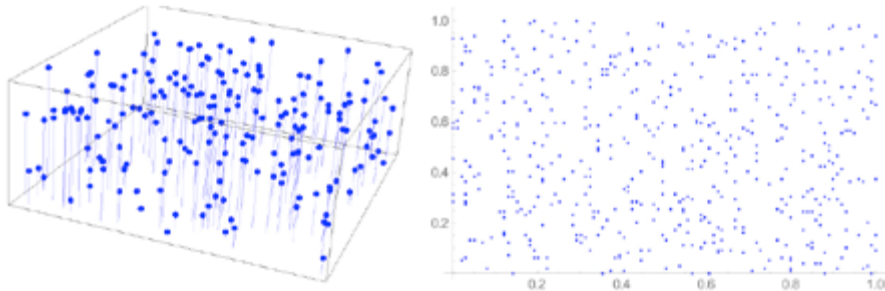
Esquema del Criptosistema (Elaboración propia).



En la Fase de Confusión se variarán de forma caótica las proyecciones horizontales de los puntos de la malla original. Además, acorde con el diagrama de flujo anterior, este proceso se iterará β veces.

Figura 04

Ejemplo de una malla de puntos y su proyección horizontal. (Elaboración propia).



Para comenzar, el Criptosistema hallará la proyección horizontal de los puntos (con la aplicación lineal $(\pi: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^2, \pi(x, y, z) \mapsto \pi(x, y))$). A continuación se les aplicará el Sistema Caótico bidimensional escogido, el Cat Map, definido de la siguiente manera:

$$(1) \quad \begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & a \\ b & ab + 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} \pmod{k}.$$

Nótese que $|A| = 1 \neq 0, \forall \alpha, \beta$ y por tanto el Cat Map es siempre biyectivo y por tanto tendrá inverso. Nótese también el módulo k aplicado a la derecha. Se trata de una especie de cota para que los puntos no se salgan de un cuadrado de lado k que los envuelve, evitando así el aumento arbitrario del tamaño del archivo, que podría dificultar el proceso comunicativo.



$$(2) \quad F := \begin{cases} x_{n+1} = \frac{x_n}{\mu} \text{ si } 0 \leq x_n \leq \mu \\ x_{n+1} = \frac{x_n - 1}{\mu - 1} \text{ si } \mu \leq x_n \leq 1 \end{cases}$$

Tras la Fase de Confusión se llevará a cabo la Fase de Difusión. Esta consistirá en variar caóticamente las alturas de los puntos dados. Tras pruebas con varias funciones, finalmente se escogió el Tent Map, definido como sigue:

La función inversa será por lo tanto:

$$(3) \quad F^{-1} := \begin{cases} x_{n-1} = \mu x_n \\ x_{n-1} = (\mu - 1)x_n + 1 \end{cases}$$

En ella se utiliza arbitrariamente cualquiera de las dos expresiones, como se justificará a continuación.

La utilización de este sistema presenta la siguiente dificultad: imaginemos que $\mu = 0,5$ y que el receptor recibe el mensaje $x_{n+1} = 0,4$. Entonces no podría saber cuál fue el x_n que utilizó el emisor, ya que $F(0,2) = F(0,8) = 0,4$. Pese a que las aplicaciones de las que está compuesta F son lineales de forma independiente, su composición presenta una forma no biyectiva.

Más concretamente, F es 2 a 1 (ya que dos valores distintos pueden tener la misma imagen), y la función F^{-1} es una función 1 a 2 (ya que la fibra de dos elementos distintos puede coincidir). Por lo tanto la función F^n será una función 2^n a 1 y la función F^{-n} es una función 1 a 2^n . Esto significa que cuando el receptor recibe un valor cifrado y le aplica la función F^{-1} n veces, podrían darse 2^n resultados distintos, pero si aplicamos F n veces a cada uno de dichos resultados se obtendrá siempre el resultado original.

Gracias a esta propiedad surge una ingeniosa manera de esquivar la no biyectividad del Tent Map. A la condición inicial, que denotaremos x_n , se le aplicará F^{-1} n veces (utilizando las dos expresiones de manera aleatoria). Esto significa que cada mensaje original tendrá 2^n posibles resultados, y al receptor le llegará uno de ellos. Si denotamos mensaje cifrado como C y el mensaje original como p , se correspondería a lo siguiente:

$$(4) \quad C = F^{-1}(F^{-1}(\dots F^{-1}(p)\dots)) = F^{-n}(p).$$

A continuación el receptor aplicará al mensaje cifrado F n veces, obteniendo así el mensaje original:



$$(5) \quad p = F(F(\dots(C)\dots)) = F^n(C) = F^n(F^{-n}(p)) = p.$$

Para descifrar la superficie, el receptor necesitará disponer de todas las claves utilizadas en el proceso, resumidas en la tabla 1. En ella también aparecen las restricciones a las que están sujetas, bastante permisivas, haciendo que el espacio de clave sea considerablemente amplio.

CLAVES FASE DE UTILIZACIÓN RESTRICCIONES

CLAVES	FASE DE UTILIZACIÓN	RESTRICCIONES
a, b	Fase de confusión, parámetros del Cat Map.	$ab > 0$, con $a, b \in \mathbb{R}$ y $a, b \in [0, k-1]$
β	Fase de confusión, número de iteraciones.	$\beta \in \mathbb{N}$
μ	Fase de difusión, parámetro del Tent Map.	$\mu \in \mathbb{R}$, $0 < \mu < 1$
α	Fase de difusión, número de iteraciones.	$\alpha \in \mathbb{N}$

Tabla 01

Tabla resumen de todas las claves del Criptosistema.

ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD DEL CRIPTOSISTEMA

Se realizaron un estudio de la seguridad a nivel cuantitativo y otro a nivel cualitativo, que es el mostrado en este documento.

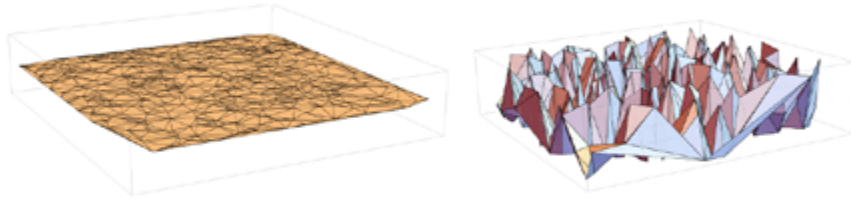
Para el análisis cuantitativo, fue necesaria la creación de un criterio para comparar dos superficies y así medir las discrepancias entre ellas. Éste consiste en tomar una serie de puntos de forma aleatoria pertenecientes a la intersección del cierre convexo de ambas superficies, y medir la distancia entre las alturas. Según éste criterio, la seguridad será alta si las distancias obtenidas se distribuyen uniformemente en los posibles resultados. Pasemos ahora al análisis cualitativo.

Uno de los primeros pasos para analizar cualitativamente la seguridad de un Criptosistema es examinar cómo se comporta éste ante casos extremos, como por ejemplo una imagen en blanco para un Criptosistema de este tipo de archivos. En el caso de las superficies 2.5D, un caso extremo podría ser un plano. Por ejemplo, se construyó el plano $z=0,1$ y se cifró con unas claves cualesquiera (concretamente $a = 2$, $b = 3$, $\alpha = 11$, $\mu = 0,27$ y $\beta = 20$), a simple vista las grandes, y aparentemente aleatorias, diferencias entre las dos superficies son claras.



Figura 05

Plano $f(x, y) = 0,1$
original y cifrado.



Por último, se cifró la misma superficie con claves ligeramente distintas, y superficies ligeramente distintas con las mismas claves. Veamos por ejemplo este último caso. Tomamos, por ejemplo, las superficies dadas por las funciones $f(x, y) = \text{sen}(10xy)$ y $f(x, y) = \text{sen}(10xy) + 0,01$ (i.e. dos superficies muy similares). Tras cifrarla, se obtuvieron las superficies mostradas en la imagen 7.

Figura 06

Superficies dadas por
 $f(x, y) = \text{sen}(10xy)$ y
 $f(x, y) = \text{sen}(10xy) + 0,01$
(Elaboración propia).

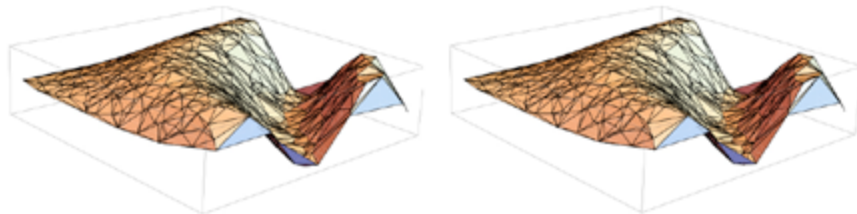
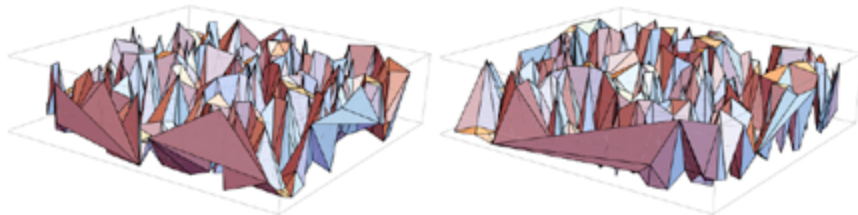


Figura 07

Superficies anteriores
cifradas (Elaboración
propia).



El Criptosistema elaborado ha cumplido los objetivos iniciales propuestos: cifra y descifra cualquier superficie 2.5D dada y tiene una velocidad de computación considerablemente alta.

La parte más prometedora ha sido el estudio cualitativo de seguridad, ya que tras analizar numerosas superficies y estudiar las posibles debilidades que pudiera tener, los resultados han sido positivos. Al tener un amplio espacio de clave y ser muy sensible a variaciones de las condiciones iniciales podemos concluir que su seguridad es alta.



BIBLIOGRAFÍA

- Alligood, K.T. y otros (2009), *Chaos: An Introduction to Dynamical Systems*, Springer.
- Álvarez, G. y Li, S. (2006), "Some basic cryptographic requirements for chaos-based cryptosystems", World Scientific, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, vol 16, no.8, pp. 2129-2151.
- De Berg, M. y otros (2008), *Computational Geometry: Algorithms and Applications*, 3rd edition, Springer-Verlag.
- Devaney, R. (2003), *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*, 2nd edition, Westview Press.
- Elgendy, F. y otros (2015), *Chaos-based model for encryption and decryption of digital images*, Springer.
- Habutsu, T. y otros (1991), *A Secret Key Cryptosystem by Iterating a ChaoticMap*, Japón, Universidad de Keio, Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- Martín del Rey, A. y otros (2015), "A protocol to encrypt digital images using chaotic maps and memory cellular automata", *Logic Journal of the IGLP*, volumen 23, no. 3, Oxford University Press, pp. 485-494.
- Segarra, J. G. (2001), *Vida artificial: del caos al orden*, Algar.
- Stewart, I. (1997), *¿Juega Dios a los dados?*, Drakontos.
-

LINKS:

- El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)
Video explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores

the 1990s, the number of people with a mental health problem has increased in the UK (Mental Health Act 1983, 1990).

There is a growing awareness of the need to improve the lives of people with mental health problems. The Department of Health (1999) has set out a strategy for mental health care in the UK. The strategy is based on the following principles:

- People with mental health problems should be treated as individuals and not as a group.
- People with mental health problems should be given the opportunity to participate in decisions about their care and treatment.
- People with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes and communities.

The strategy also sets out a number of objectives for the mental health services in the UK:

- To reduce the number of people with mental health problems who are admitted to hospital.
- To improve the quality of care and treatment for people with mental health problems.
- To improve the support and services available to people with mental health problems.

The strategy also sets out a number of actions that need to be taken to achieve these objectives:

- To improve the training and skills of mental health professionals.
- To improve the coordination and integration of mental health services.
- To improve the availability of mental health services in rural and inner city areas.

The strategy also sets out a number of measures that need to be taken to improve the support and services available to people with mental health problems:

- To improve the availability of housing and other social services for people with mental health problems.
- To improve the availability of employment and training opportunities for people with mental health problems.
- To improve the availability of leisure and recreational activities for people with mental health problems.

The strategy also sets out a number of measures that need to be taken to improve the quality of care and treatment for people with mental health problems:

- To improve the availability of mental health services in rural and inner city areas.
- To improve the quality of care and treatment for people with mental health problems.
- To improve the support and services available to people with mental health problems.

The strategy also sets out a number of measures that need to be taken to improve the training and skills of mental health professionals:

- To improve the training and skills of mental health professionals.
- To improve the coordination and integration of mental health services.
- To improve the availability of mental health services in rural and inner city areas.



Cocina, evolución y reacción de Maillard

/ SEGUNDO PREMIO

AUTOR | FRANCISCO JOSÉ PÉREZ

COORDINADOR | JESÚS FIDALGO FERNÁNDEZ

CENTRO | IES ROSALÍA DE CASTRO

CIUDAD | SANTIAGO DE COMPOSTELA

RESUMEN |

La reacción de Maillard es un conjunto de transformaciones que ocurren cuando los alimentos se calientan a temperaturas elevadas, originando sabores, olores y colores característicos de la comida cocinada. El proceso implica la reacción de proteínas con azúcares a altas temperaturas y se asocia a diversas técnicas de cocinado, incluidas las utilizadas por los humanos primitivos, como el asado o el braseado. Se estudia la reacción de Maillard desde dos puntos de vista: la relación entre esta reacción, la cocina y la evolución humana y el estudio experimental de la influencia de factores fisicoquímicos en dicha reacción, como el pH o la estructura de los reactivos.

Palabras clave: Cocina, reacción de Maillard, química de la cocina, aminoácidos, azúcares, evolución, influencia de la cocina.

ABSTRACT |

The Maillard reaction is a complex chemical transformation that occurs when food is heated at high temperatures, resulting in browning of the food surface and in the generation of aromatic compounds which give flavour and taste. The process, which involves the reaction of proteins with sugars at high temperature, is associated to various cooking techniques, including those used by early humans, such as roasting or broiling. In this work, the Maillard reaction is studied from two different points of view: the relationship between this reaction, cooking and human evolution, and the experimental study of the influence of physiochemical factors, such as the pH or the chemical structure of the reagents, in the outcome of the reaction.

Keywords: Cooking, Maillard reaction, chemistry of cooking, amino acids, sugars, amino acids, evolution, influence of cooking.



En los últimos 150 años ha existido un afán investigador sobre los hitos que han marcado el proceso de la evolución humana, es decir, qué factores clave han contribuido de forma decisiva al desarrollo de una especie con capacidades cognitivas sin precedentes como el *Homo sapiens*. Entre ellos, este trabajo se centra en la importancia del consumo de alimentos cocinados, innovación tecnológica que de acuerdo con diversas teorías potenció distintos cambios en la fisionomía, comportamiento y capacidades intelectuales de los homínidos que fueron determinantes en su evolución hacia *Homo sapiens sapiens*.

El cocinado de los alimentos está ineludiblemente asociado al control del fuego, y las formas más antiguas de cocción implican la aplicación de calor directo sobre los alimentos a través del contacto con la llama o con cenizas, o del calor producido en hoyos. Esto produce transformaciones en los alimentos perceptibles por los sentidos, como el desarrollo de aromas y sabores y la aparición del típico pardeamiento o tostado de la superficie de los mismos. El estudio de estas transformaciones desde un punto de vista químico, comenzó a principios del siglo XX, y se conocen hoy en día como la reacción de Maillard. Consiste en un complejo conjunto de reacciones químicas que experimentan los alimentos sometidos a altas temperaturas en procesos de horneado, tostado, fritura, etc. Esta cadena de transformaciones implica la reacción entre proteínas y aminoácidos con azúcares, y evoluciona hasta la formación de una gran diversidad de compuestos que aportan aroma y sabor, y de polímeros nitrogenados, que aportan el color. La reacción depende de la temperatura, de la naturaleza de los alimentos y de otros factores, muchos de los cuales aún no se comprenden en profundidad.

En este contexto, este trabajo de investigación centra su interés en torno a la reacción de Maillard, con un doble objetivo:

1. Analizar cuál es el papel que ha desempeñado el cocinado de los alimentos, y en particular los aspectos que dependen de la reacción de Maillard, en la evolución humana. Para abordar ese objetivo se llevó a cabo una investigación bibliográfica a través de distintas fuentes.
2. Estudiar la reacción de Maillard desde el punto de vista químico, en concreto, cómo afectan algunos parámetros fisicoquímicos como el pH y la estructura de los aminoácidos y azúcares reaccionantes en el progreso de la reacción. Para ello se desarrollará un estudio experimental basado en un modelo laboratorio.

En relación con el primer objetivo, y tras una investigación bibliográfica a través de recursos como artículos de revistas científicas y divulgativas, se profundizó en algunas teorías como la de R. Wrangham o la de S. Herculano-Houzel, que permiten extraer diversas conclusiones: los drásticos cambios anatómicos asociados a la aparición y expansión del *Homo erectus* hace más de un millón de años, como la disminución del tamaño mandibular y del tronco, y el aumento del tamaño craneal y cerebral, podrían asociarse al consumo generalizado de alimentos cocinados. El cocinado facilita el proceso de digestión, haciendo disminuir de forma radical la cantidad de alimento necesaria para



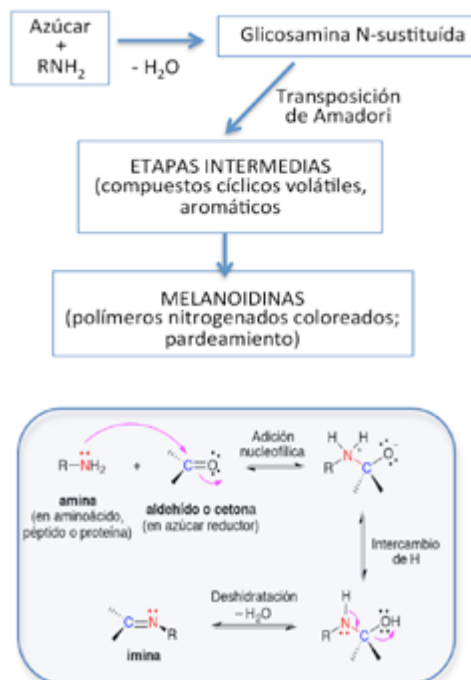
sobrevivir, proporcionando más tiempo para el desarrollo de otras actividades y más energía para el trabajo de un cerebro más avanzado. El cocinado proporciona además alimentos más seguros, e incluso afecta a aspectos sociales como la interdependencia entre individuos.

Estas ventajas evolutivas están claras, pero los homínidos no eran conscientes de ellas, y además, el proceso de cocinado requiere cierto esfuerzo y tiempo; ¿por qué se habría generalizado entonces el consumo de alimentos cocinados? En el trabajo se defiende que la causa está relacionada con los instintos básicos asociados a experiencias sensoriales placenteras (sabor, aroma, aspecto...) que aportan los alimentos cocinados, lo cual relaciona la influencia de la cocina en la evolución humana, con la química y la reacción de Maillard.

Como ya se ha mencionado, la reacción de Maillard es el principal proceso responsable del pardeamiento no enzimático y de la generación de aromas y sabores en los alimentos al cocinarlos. Consiste en un complejo conjunto de reacciones químicas que experimentan los alimentos sometidos a altas temperaturas, y químicamente implica la reacción entre las proteínas o aminoácidos y los azúcares de los alimentos. Las etapas intermedias del proceso crean compuestos aromáticos y las etapas tardías generan polímeros nitrogenados que aportan color. Pero en el trabajo se defiende la importancia clave de la *primera etapa*, consistente en la condensación del grupo amino de la proteína o aminoácido y el grupo carbonilo del azúcar. Partiendo de esta hipótesis, se estudió la influencia de dos factores químicos en la reacción: la estructura del aminoácido y azúcar reaccionante y el pH en el que tiene lugar la reacción.

Figura 01

Esquema simplificado de la reacción de Maillard (arriba) y mecanismo de la primera etapa (abajo).





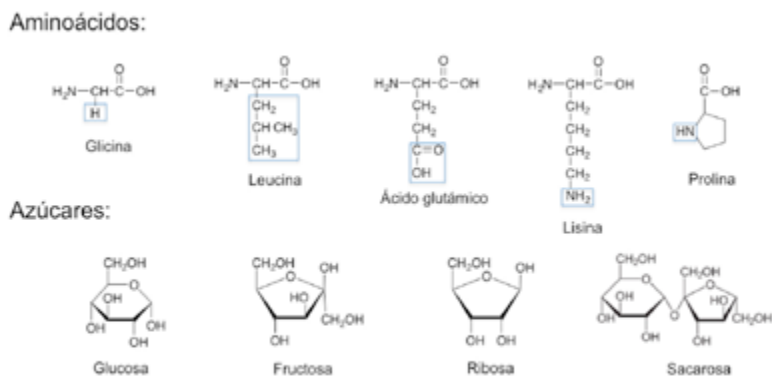
Para ello se desarrolló un modelo de laboratorio basado en el estudio de sistemas binarios aminoácido-azúcar, empleando reactivos con distintas características químicas y en distintas condiciones de acidez, seleccionando como indicador del progreso de la reacción el grado de “pardeamiento” (oscurecimiento) de la mezcla de reacción, medido con un espectrofotómetro.

En relación con la influencia del pH, algunas fuentes bibliográficas afirmaban que el pH óptimo para la reacción de Maillard se sitúa alrededor de 10, mientras que otras afirman que la velocidad de reacción será máxima a pH ligeramente ácido. Pretendemos realizar un estudio de la reacción en distintas combinaciones aminoácido-azúcar a distintos pH, partiendo de la hipótesis de que la influencia del pH estará relacionada con esta primera etapa en cuanto a que en medio ácido el grupo amino estará protonado en la mayoría de los casos.

Además, se plantea la hipótesis de que la estructura del aminoácido influirá en el proceso, y que la existencia de un grupo amino libre favorecerá la reacción. Para demostrarlo se experimentará con aminoácidos con características diferenciadas que se remarcan en la figura. Se propone que un aminoácido con un grupo amino adicional, como la lisina, debería ser más reactivo. Respecto a los azúcares, se propone que será positivo que tengan un grupo aldehído reaccionante por la mayor electrofilia del grupo respecto al grupo cetona. Para demostrarlo se usarán azúcares de distintas características: aldosa, una cetosa y un disacárido.

Figura 02

Estructura de los aminoácidos y azúcares seleccionados para el estudio.



En cuanto a los reactivos y el método para la comprobación de estas hipótesis, se estudiaron combinaciones binarias de aminoácidos y azúcares disueltos en tres disoluciones tampón para los valores de pH deseados: uno ácido 4,35, uno neutro 6,8, y uno básico, 9,67. Las combinaciones consistieron por una parte en la reacción de lisina con cada uno de los azúcares en cada medio y por otra en la reacción de glucosa con cada uno de los aminoácidos, además de respectivas muestras en blanco, solo con glucosa o aminoácido, para cada valor pH.

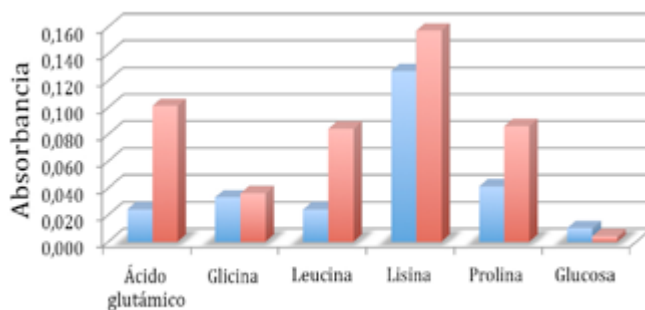


Las mezclas se calentaron en agua a 100° durante 30 minutos y tras detener la reacción mediante inmersión en baño en hielo, se comprobó el desarrollo de la reacción en cada caso tomando como indicador el pardeamiento, midiendo con un espectrofotómetro la absorbancia a 420 nm, por ser la longitud de onda complementaria al color marrón.

Una vez analizados los resultados, como primera observación se confirma que la lisina es el aminoácido más reactivo, con diferencia, en todos los ensayos, por la presencia de su grupo amino adicional. Sin embargo, en contra de la hipótesis formulada, la prolina, que tiene el grupo amino secundario formando parte de un ciclo, es considerablemente reactiva. Una posible explicación para este hecho podría ser el mayor carácter nucleófilo de esta amina secundaria con respecto al de una amina primaria. Como aminoácido menos reactivo encontramos la glicina (Figura 3).

Figura 03

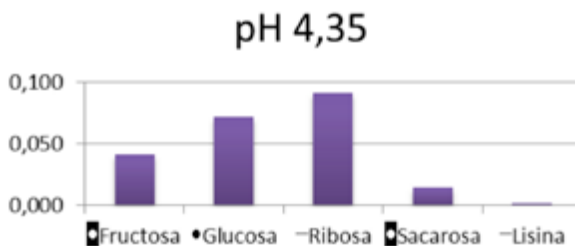
Resultado de los ensayos con mezclas binarias aminoácido/glucosa en medio ácido (azul) y neutro (rojo).



Con los resultados de la combinación de lisina con los distintos azúcares se constata que las aldosas, ribosa y glucosa, son las más reactivas, destacando sobre todo la ribosa, aunque no encontramos una justificación química sencilla para explicar la gran diferencia de reactividad con la glucosa, al menos si nos limitamos a analizar la primera etapa del proceso. La fructosa (una cetosa) es menos reactiva que las aldosas, lo que puede explicarse porque el grupo carbonilo de una cetona es menos electrófilo que el de un aldehído. La sacarosa es el azúcar menos reactivo, ya que es un disacárido no reductor. Es necesaria una etapa previa de hidrólisis para que se transforme en glucosa y fructosa y puedan participar en la reacción de Maillard.

Figura 04

Resultado de los ensayos con mezclas binarias lisina/azúcar en medio ácido.



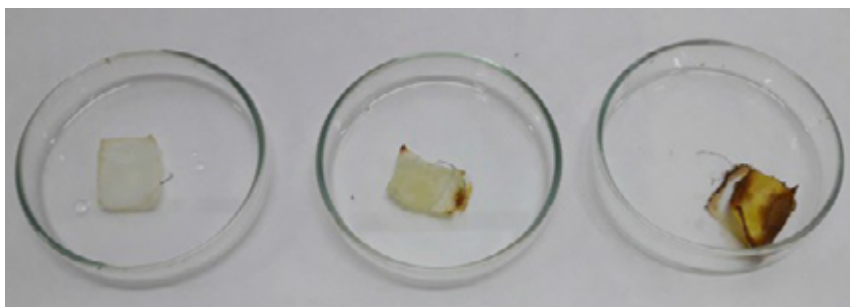


Respecto a la influencia del pH, la absorbancia medida para todas las muestras en el ensayo en medio básico es mucho mayor, incluso si la comparación se establece con muestras diluidas para poder medir la transmitancia. Esto puede deberse a un mayor avance de la reacción de Maillard en medio básico, pero también a que, a pesar de que las reacciones de caramelización suelen suceder a temperaturas mayores, el medio básico tal vez las catalice, por lo que influyen en el pardeamiento. De hecho, el blanco de glucosa en medio básico se encuentra oscurecido y con un alto valor de absorbancia. Por tanto, el medio básico no se puede comparar con los medios ácido y neutro, en los que la caramelización de la glucosa no se produce prácticamente. Respecto a la comparación entre las reacciones en medio ácido y neutro, la tendencia general es que el pardeamiento es mayor en medio neutro, probablemente a la protonación del grupo amino en la mayoría de los aminoácidos a pH 4,35.

Finalmente se realizó un experimento preliminar con un modelo con alimentos reales. Para esto se utilizaron cinco muestras (pollo, cebolla, bacon, tofu y champiñón) con distintas composiciones en aminoácidos y azúcares. Se analizó su pardeamiento, previamente tratados con disoluciones acuosas neutra, ácida o básica y calentados a 170° durante 30 minutos. Se observó un pardeamiento apreciable en aquellos que contienen proporción significativa de hidratos de carbono, como la cebolla o el champiñón, y en menor medida el tofu. En los alimentos en los que se observa pardeamiento, este es más intenso en medio básico, tal y como ocurría en el modelo en disolución y se puede observar. Cabe destacar que algunas muestras ya comenzaban el pardeamiento en medio básico antes de calentarlas, como la cebolla.

Figura 05

Cebolla tratada con tampones ácido, neutro y básico (de izq. a derecha), tras el calentamiento.



CONCLUSIONES

Entre las conclusiones de este trabajo cabe destacar que la cocina ha sido un avance tecnológico clave en la evolución humana que se puede relacionar con los cambios anatómicos y la mejora en capacidades asociadas a la aparición y expansión del *Homo erectus*. La reacción de Maillard tendría un papel clave en este proceso, al aportar a los alimentos cocinados olor, sabor y colores sensorialmente atractivos que impulsarían su consumo generalizado. La cocina se asocia también al desarrollo cultural de las poblaciones humanas.



Desde el punto de vista químico, el trabajo permitió comprobar la relevancia de la primera etapa de la reacción de Maillard (condensación de una amina de aminoácido o proteína, con el carbonilo de un azúcar), y que ésta se ve influida por la estructura de las especies reaccionantes. En cuanto a la influencia del pH, comprobamos que el medio ácido ralentiza la reacción, probablemente debido a la protonación de los grupos amino mientras que en medio básico, se promueven procesos de caramelización de los azúcares que compiten con la reacción de Maillard. En el ensayo con alimentos, las conclusiones preliminares indican que en medio básico se acelera el pardeamiento y en medio ácido es más lento. Los alimentos altamente proteicos con bajo contenido en carbohidratos, la reacción de Maillard es poco eficaz en las condiciones ensayadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adler, Jerry (2013), "Why fire makes us human?", *Smithsonian Magazine*, junio.
- Badui, Salvador (2006), "Aroma y sabor", *La química de los alimentos*, 4ª Ed. Ed. Pearson-Assison Wesley, Sección 2.9.5, capítulo 8.
- Bonilla, Javier; Rayón, Rafa; Díez, J. Carlos; Pérez, Alberto E. (2016), *Homo Gastronomicus: la cocina de nuestros antepasados de Atapuerca*, Ed. Diario de los Yacimientos de la Sierra de Atapuerca.
- Brown, C.; Ford, D. (2014), *Pearson Baccalaureate Chemistry Higher Level for the IB Diploma*, Pearson International Editions.
- Dell'Amore, Christine (2009), *Cooking gave humans edge over apes? National Geographic*, febrero.
- Disalvo, David (2012), disponible en <http://www.daviddisalvo.org/the-daily-brain/2012/6/1/what-drove-the-evolution-of-the-human-brain.html>, [consultado el 20/10/2016].
- Dutson, T. R.; Orcutt M. W. (1984), *Chemical changes in proteins produced by thermal processing*, J. Chem. Ed., 61, pp. 306308.
- Echavarría, A.P.; Ibarz, J. Pagán; A. (2013), "Optimization of Maillard reaction products isolated from sugar-amino acid model system and their antioxidant activity", *AfnidAd LXX*, 562, pp. 86-92.
- Foley, Robert, C. Gamble (2009), "The ecology of social transitions in human evolution", *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, nº 364, p. 3.267.
- Gowlet, J. A. J. (2016), "The discovery of fire by humans: a long and convoluted process", *Phil. Trans. R. Soc. B.* vol. 371.
- Herculano-Houzel, Susana (2016), *The Human Advantage: A New Understanding of How Our Brain Became Remarkable*, MIT Press.



- Hossene, R. Carl, (1984), *Chemical Changes in Carbohydrates Produced by Thermal Processing*, J. Chem. Ed., 61, pp. 308-311.
- Lawton, Graham, (2016), "Every human culture includes cooking – this is how it began", *New Scientist*, febrero.
- Marcowic Bastos, Deborah; Monaro, Érica, Siguemoto, Érica and Séfora, Mariana, (2012), "Maillard Reaction Products in Processed Food: Pros and Cons", *Food Industrial Processes – Methods and Equipment* (Ed. B. Valdez), pp. 281-300.
- Martins, Sara I. F. *et al.* (2011), "A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modeling", *Trends in Food Science & Technology* 11, pp. 364-373.
- McGee, Harold, (2004), *On Food and Cooking: An Encyclopedia of Kitchen Science, History and Culture*.
- Mesías, X. M. *et al.* (2010), "Determinación de carboximetilisina en alimentos tostados y horneados", *Ars. Pharm.*, 51, Suplemento 3, pp. 23-29
- Mott, Nicholas (2012), *What makes us human?: Cooking, study says; National Geographic*, octubre.
- Nursten, H., (2005), "The Maillard Reaction: Chemistry, Biochemistry & Implications", Royal Society of Chemistry.
- Pastoriza de la Cueva, Silvia (2013), Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- Provost *et al.* (2016), "The Science of Cooking: understanding the biology and chemistry behind food and cooking". John Wiley&Sons, Laboratory Exercise #5.
- Rufián-Henares, José Ángel *et al.* (2009), "Non enzymatic browning: The case of the Maillard reaction", *Assessing the generation and bioactivity of neo formed compounds in thermally treated foods*, Editorial Adrio, pp. 932.
- Schulza, Eric (2017), *Serious Eats* disponible en <https://www.serious-eats.com/2017/04/what-is-maillard-reaction-cooking-science.html>, [consultado 20/10/2016].
- Vollhardt K. P. C.; Schore N. E. *Química Orgánica*, 5ª ed., Ed. Omega, 2008.
- Wrangham, Richard, (2009), *Catching Fire: How Cooking Made Us Human*, Profile Books.
- Wrangham, Richard, J. H. Jones. G. Laden, D. Pilbeam, N. Conkin-Brittain (1999), *Current Anthropology*, 40, p. 567.

the 1990s, the number of people with a disability has increased in all countries. In the United States, the number of people with a disability has increased from 35 million in 1980 to 50 million in 1999 (U.S. Census Bureau, 2000). In the United Kingdom, the number of people with a disability has increased from 10 million in 1980 to 15 million in 1999 (U.K. Census Bureau, 2000).

There are a number of reasons for this increase. One reason is that the population is aging. As people age, they are more likely to develop a disability. Another reason is that the number of people with a disability who are not working has increased. This is because of the increasing number of people with a disability who are not working, and the increasing number of people with a disability who are not working.

There are a number of reasons for this increase. One reason is that the population is aging. As people age, they are more likely to develop a disability. Another reason is that the number of people with a disability who are not working has increased. This is because of the increasing number of people with a disability who are not working, and the increasing number of people with a disability who are not working.

There are a number of reasons for this increase. One reason is that the population is aging. As people age, they are more likely to develop a disability. Another reason is that the number of people with a disability who are not working has increased. This is because of the increasing number of people with a disability who are not working, and the increasing number of people with a disability who are not working.

There are a number of reasons for this increase. One reason is that the population is aging. As people age, they are more likely to develop a disability. Another reason is that the number of people with a disability who are not working has increased. This is because of the increasing number of people with a disability who are not working, and the increasing number of people with a disability who are not working.

There are a number of reasons for this increase. One reason is that the population is aging. As people age, they are more likely to develop a disability. Another reason is that the number of people with a disability who are not working has increased. This is because of the increasing number of people with a disability who are not working, and the increasing number of people with a disability who are not working.

There are a number of reasons for this increase. One reason is that the population is aging. As people age, they are more likely to develop a disability. Another reason is that the number of people with a disability who are not working has increased. This is because of the increasing number of people with a disability who are not working, and the increasing number of people with a disability who are not working.

There are a number of reasons for this increase. One reason is that the population is aging. As people age, they are more likely to develop a disability. Another reason is that the number of people with a disability who are not working has increased. This is because of the increasing number of people with a disability who are not working, and the increasing number of people with a disability who are not working.



Método de las distancias lunares con instrumentos de fortuna

/ SEGUNDO PREMIO

AUTORA | BELÉN YU IRURETA-GOYENA CHANG

COORDINADOR | SERGIO MONTAÑEZ NAZ

CENTRO | IES SAN MATEO

CIUDAD | MADRID

RESUMEN |

El método de las distancias lunares se utiliza para determinar la longitud en un punto. Sin embargo, los instrumentos de los que precisa son difíciles de conseguir. En esta investigación se estudia la viabilidad de utilizar un instrumento hecho a mano en caso de necesidad. Para ello, se sigue el modelo del "sextante CD" y se determina experimentalmente la incertidumbre derivada de las imperfecciones en su construcción. Después se calcula la hipotética repercusión en la incertidumbre de la posición. Se concluye que el error que este produciría sería aceptable sólo bajo ciertas circunstancias

Palabras clave: Astronomía, distancias lunares, Young, sextante, instrumento de fortuna, posición, longitud.

ABSTRACT |

The lunar distances method is used to determine the longitude at a point. However, the instruments it requires are difficult to obtain. This research studies the viability of using a makeshift instrument if necessary. The model followed was the "CD sextant". The uncertainty due to the imperfections of its construction was determined experimentally. Then, the hypothetical repercussion of this error in the uncertainty of the position was calculated. It was concluded that the error produced could be acceptable only under certain circumstances

Keywords: Astronomy, the lunar distances, Young, sextant, instrument of fortune, position, longitude.



INTRODUCCIÓN

Los GPS son un instrumento moderno de gran ayuda a la hora de orientarse. Sin embargo, si alguien se ha perdido, todo indica que no dispone de uno. Por tanto, ¿qué puede hacer para situarse, es decir, hallar sus coordenadas?

Hace siglos, antes de que se inventaran los útiles GPS, había diversos sistemas y aparatos que permitían orientarse. Uno de los más importantes fue, durante muchos años, el método de las distancias lunares. Dicho método precisa de un sextante, que es un instrumento de navegación que permite medir ángulos. Sin embargo, hoy en día es muy complicado hallar este aparato lejos de tiendas náuticas especializadas.

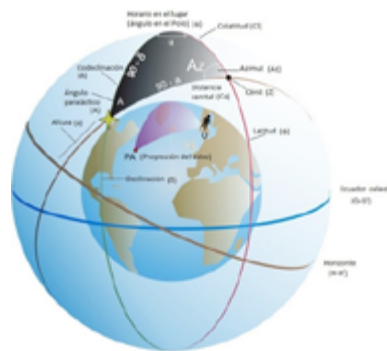
Por tanto, surge la necesidad de buscar alternativas más viables. En lugar de un sextante profesional, decidí construir por mí misma un sextante de fortuna. En navegación, comúnmente se denomina “de fortuna” a todo arreglo de emergencia que se improvisa en caso de necesidad, como puede ser una vela de fortuna o un aparejo de fortuna. Este sextante debía ser sencillo, con materiales que fueran relativamente fáciles de encontrar y con un ensamblaje que no requiriera herramientas muy aparatosas. No obstante, el aumento de la simplicidad conlleva siempre un coste en la precisión del instrumento de medida. El objetivo de este proyecto ha sido determinar, de manera experimental, el tamaño de la disminución de dicha precisión, y analizar si es viable utilizar el sextante de fortuna en una situación de necesidad.

ESFERA CELESTE

Ya que este proyecto trata sobre astronomía de posición, es necesario clarificar primero algunos de los conceptos básicos utilizados (Figura 1):

Figura 01

Esfera celeste (Mederos, L., 2004).



- El cénit es el punto más alto de la bóveda celeste. Está situado justo encima del observador.



- La distancia cenital es la distancia angular entre un punto y el cénit, medida sobre un círculo máximo. Su ángulo complementario es la altura, que expresa la elevación sobre el horizonte de un objeto celeste. Por tanto, el cénit tiene para el observador una altura de 90°.
- La declinación es el ángulo que forma un astro con el ecuador celeste, es decir, la proyección del ecuador terrestre en la bóveda celeste. Su complementario es la codeclinación.

Debido a que la Tierra es esférica, su geometría no es euclídea y no podemos aplicar la trigonometría convencional. En lugar de ello, utilizaremos la trigonometría esférica, en especial el teorema de los cosenos esféricos (1), que nos permitirá resolver triángulos en la esfera celeste.

MÉTODO DE LAS DISTANCIAS LUNARES

$$\cos CB = \cos AC \cos AB + \sin AC \sin AB \cos \alpha$$

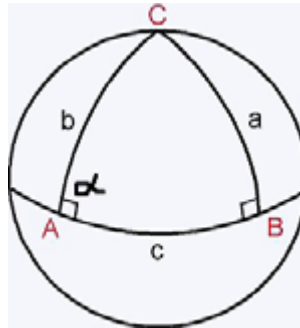


Figura 02

Correspondencia entre la diferencia de longitud y la de hora.

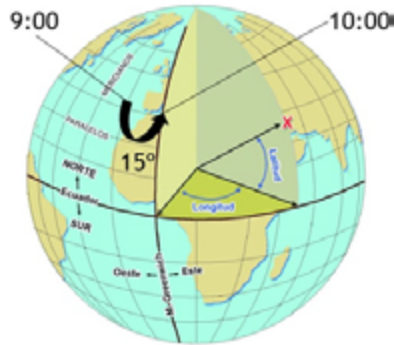
Para entender el método, primero es necesario comprender que la diferencia horaria entre un punto y el meridiano de Greenwich determina la longitud que hay en dicho punto. La esfera terrestre gira a una velocidad de 360° por cada 24 horas, por lo que cada hora de diferencia implicará 15° más de longitud (hacia el este o hacia el oeste, dependiendo del signo). Por tanto, el cálculo de la longitud se reduce al cálculo de la diferencia horaria con Greenwich (Figura 3).

Dicho esto, la distancia lunar a otro astro es el ángulo aparente entre la Luna y ese otro cuerpo celeste. Midiendo esta distancia angular, así como las alturas de ambos astros, se puede calcular la hora en Greenwich en el momento de las mediciones. Si además se conoce la hora exacta en el punto en el que uno se encuentra, es posible hallar la longitud. Esto, unido al cálculo de la latitud, para el cual hay también diversos métodos, todos ellos bastante sencillos, nos permitirá ubicarnos.



Figura 03

Correspondencia entre la diferencia de longitud y la de hora.



El proceso es el siguiente (Mederos, L., 2004):

Primero, por la mañana hallamos la hora en nuestra localización actual, es decir, el Tiempo Local Aparente (TLA).

Para ello, primero calculamos el horario en el lugar, también llamado ángulo en el polo, del Sol. Este ángulo, pasado a horas, se corresponde exactamente con el TLA. Para calcularlo, necesitamos la altura y la latitud exactas, pero no disponemos de esta última. Sin embargo, sabemos que cuando el astro está en su meridiana, se cumple que la latitud es exactamente igual a la declinación más la distancia cenital (Figura 4).

Figura 04

Relación entre la latitud de un lugar y la altura del sol en la meridiana (Viñuales, E., 2007).



La latitud es el ángulo ϕ que verifica:

$$\phi - \delta + a = 90^\circ \rightarrow \phi = \delta + Ca$$

Por tanto, usaremos una latitud estimada para obtener un TLA que, aunque estimado, nos dará una idea de cuántas horas faltan para que el Sol pase por su meridiana para que podamos estar atentos y realizar nuestra serie de mediciones en ese instante de tiempo. Entonces, tomaremos alturas del Sol en la meridiana, esta vez no para hallar el TLA (ya que es cero en ese momento), sino con el único objetivo de hallar la latitud exacta. Esa latitud exacta la introducimos, sustituyéndola por la estimada, en el cálculo del horario en el lugar



mencionado al principio, lo que hará que el resultado del mismo sea también exacto esta vez.

En segundo lugar, hallaremos la hora exacta en Greenwich utilizando las distancias lunares. Como dichas distancias lunares están tabuladas por horas en el Almanaque Náutico, simplemente hemos de interpolar el valor obtenido para saber la hora exacta GMT en el momento.

Debemos saber que la distancia lunar observada no será la distancia lunar real, ya que tanto la Luna como la estrella se verán afectadas principalmente por el efecto de la refracción y la paralaje, y no las veremos donde realmente las deberíamos ver. Por tanto, hemos de incurrir en lo que se conoce como limpiar las lunares, un método matemático con el que hallaremos la distancia lunar verdadera utilizando las alturas de la Luna y el otro astro. La fórmula utilizada en este proceso es la llamada fórmula de Young.

Hemos hallado en el Paso 1 el tiempo local aparente, es decir, la hora solar verdadera. Sin embargo, en el Paso 2 hemos obtenido la hora solar media (GMT). Debemos convertir la hora del Paso 2 a tiempo solar verdadero también (GAT) para poder operarla con el TLA. Una vez hecho esto, no tenemos más que restar GAT y TLA, y convertimos la diferencia en tiempo a grados, recordando que cada hora equivale a 15° de longitud.

Así, habremos hallado nuestra longitud. Sabiendo esta, y la latitud calculada en el Paso 1, habremos conseguido ubicarnos en la superficie de la Tierra.

INSTRUMENTO DE FORTUNA

Como ya se ha comentado, en la práctica es poco frecuente que se disponga de un sextante profesional si uno se ha perdido. Por tanto, es necesario emplear instrumentos alternativos y más fáciles de encontrar.

En este caso, el modelo que he utilizado ha sido el del sextante CD de Omar Reis (Reis, O. 2012), el cual permite fabricar el instrumento utilizando tan solo un par de espejos pequeños, un CD y algunas piezas de Lego. He escogido este diseño porque no precisa de herramientas complejas ni electricidad, y todos sus componentes son relativamente fáciles de encontrar. Para el primer sextante, S1, utilicé piezas de plástico del cubo de Rubik en lugar de Legos. Esto dio bastante imprecisión, ya que los espejos no estaban paralelos completamente. Aunque tomé medidas con él, lo acabé descartando con la finalidad de construir un nuevo sextante mejorado. Para el siguiente sextante, S2, tuve mucho cuidado de seguir todos los pasos minuciosamente. Esto hizo que el instrumento resultante fuera mucho mejor y más sencillo de manejar.

Antes de analizar el experimento realizado con el sextante, es necesario conocer algunos aspectos del cálculo de errores.



CÁLCULO DE ERROR

Para hallar el error que introducen cada una de las magnitudes en la incertidumbre final, hay que utilizar la fórmula de la propagación de errores.

Sin embargo, hay algunas particularidades a tener en cuenta:

En el cálculo de la hora local, la única incertidumbre que hemos de tomar en consideración es la de la altura del Sol medida, que está directamente relacionada con el aparato de medida. Por su parte, las incertidumbres de la latitud estimada y la de la declinación se consideran despreciables, ya que son datos tabulados.

Entonces, primero hallaremos la incertidumbre del ángulo en el polo y después la del TLA, teniendo en cuenta que este último es el ángulo en el polo entre quince, por lo que su incertidumbre será a su vez la del ángulo en el polo entre quince.

La principal incertidumbre al hallar la hora GMT se deriva de las mediciones directas, es decir, depende de la calidad del sextante. Si bien es cierto que tanto las alturas de los dos astros como las diversas correcciones que aplicamos a las medidas llevan cada una su error, tras hacer el cálculo se ha comprobado que es una cifra despreciable en comparación con el error que introduce el sextante CD, por lo que se podrán omitir con objeto de sintetizar el cálculo matemático.

Calcular el error en la longitud es sencillo, teniendo en cuenta que es igual a la resta del tiempo local y el tiempo en Greenwich multiplicada por 15, su error será la raíz de la suma del cuadrado de ambos multiplicada por 15.

EXPERIMENTACIÓN DEL MÉTODO CON EL SEXTANTE

Como hemos visto, la mayor fuente de error del método aparece, en nuestro caso, debido al instrumento de medida, el sextante. El objetivo del experimento ha sido determinar cuál es el error que introduce el sextante que he construido, el de fortuna, y analizar cómo dicho error afecta después en el resultado final del cálculo de la posición.

Las mediciones las realicé principalmente en tres lugares y momentos distintos.

- Con S1, medí alturas de la Luna a pie de playa. Eso hizo que no hubiera necesidad de crear un horizonte artificial.
- Con S2, realicé las mediciones en Madrid. Esto supuso una dificultad añadida: la ausencia de horizonte respecto al cual medir las alturas. Para resolver esto, creé un horizonte artificial llenando un trozo de manguera con agua para establecer un punto de referencia, donde coloqué una luz roja. Respecto de él, medí varias alturas de la estrella Capella, en la constelación del Auriga, por ser la más brillante del cielo entre las que estaban visibles. Sin embargo, el mayor problema fue la



humedad, que pronto formó burbujas en el papel autoadhesivo, e imposibilitó la lectura correcta de la escala.

Hacer las mediciones directamente de las estrellas no es necesariamente la mejor opción. Si se estudia la fiabilidad del sextante con objetos más sencillos de medir, se pueden obtener los mismos o mejores resultados.

- Por ello, con hilo de bramante, confeccioné triángulos isósceles en el suelo, con ángulos de, en teoría, 45° y 60° exactos, y medí dichos ángulos con el sextante S2 tras haber vuelto a pegar la escala. Este método resultó ser el más preciso y satisfactorio.

Si miramos la Figura 5, es evidente que los datos obtenidos de la altura de la Luna están ciertamente alejados de la realidad, aunque el error no es muy grande en comparación con lo que cabría esperar de un primer modelo. Probablemente se deba a que la Luna, al ser un astro tan brillante, es más sencillo de medir.

Por otro lado, las alturas de Capella también se acercan mucho a la realidad (Figura 6), un éxito teniendo en cuenta la dificultad que conllevaban dichas medidas.

Figura 05
Medidas con S1.

S1: Altura de la Luna		
Hora	Altura medida	Altura real
1:29	28° 43'	32° 40'
1:31	38° 53'	33° 03'
2:02	34° 57'	38° 46'
2:06	34° 57'	39° 29'

Figura 06
Medidas con S2.

S2: Altura de Capella		
Hora	Altura medida	Altura real
21:15	53° 18'	52° 09'
21:40	54° 7'	56° 27'
21:45	52° 3'	57° 19'

Finalmente, las mediciones tomadas de los ángulos horizontales con el hilo son bastante precisas (Figura 7). Sin embargo, era de esperar un error más pequeño en comparación con el de las dos series de mediciones anteriores. Probablemente esto se deba a que estas últimas resultaron ser especialmente afortunadas, ya que el método final era, por su rigor, el más preciso.

Obsérvese que en la (Figura 7) tenemos dos errores: por un lado, el error aleatorio, calculado con la desviación típica con la corrección de Bessel, y el error sistemático, que en este caso es la diferencia entre el valor real del ángulo y la media de las tres mediciones.

Figura 07
Medidas con S7.

S2: Ángulos horizontales				
α medido (°)	$\bar{\alpha}$ medido (°)	α real (°)	Error absoluto (°)	Error aleatorio (°)
44,27	45,34	45,00	0,34 (0,75%)	0,97 (2,16%)
45,58				
46,17				
57,33	57,17	60,00	2,83 (4,75%)	0,73 (1,22%)
56,37				
57,80				



Si bien es cierto que el error de $2,83^\circ$ es el mayor y engloba al resto, escoger este como la incertidumbre del sextante no sería representativo, sino una manera de acotar su incertidumbre máxima. En lugar de ello, se usará la media aritmética de todos los errores sistemáticos: $1,83^\circ$.

CÁLCULO DEL ERROR CON EL SEXTANTE

Para saber realmente qué repercusiones tienen los errores sistemáticos derivados de la imperfecta construcción del sextante, se ha planteado un ejemplo hipotético con datos reales, obtenidos principalmente de la aplicación astronómica Stellarium. Atendiendo a lo comentado en el apartado anterior, tomamos el error introducido por nuestro sextante como $1,83^\circ$.

Hice uso de Stellarium y del software Lunars Predictor de Frank Reed (Reed, F. 2016) para recabar los datos necesarios: las alturas aparentes del Sol, la Luna y la estrella Aldebarán, así como la distancia lunar aparente entre estas dos últimas. Después calculé la longitud que resultaría de estos datos, y mediante los cálculos de propagación de error anteriormente explicados, hallé el valor de la incertidumbre en la longitud final derivada de ese error de $1,83^\circ$. Es importante destacar que lo fundamental de esta simulación no son los resultados obtenidos para la longitud, sino hacerse una idea de cuál sería el tamaño de la incertidumbre de la misma. En este caso, esta es de $\Delta L = 2,83^\circ$. La latitud real, al ser la suma de la declinación real (de incertidumbre 0) y la distancia cenital (de incertidumbre $1,83^\circ$ en este caso) tendría directamente incertidumbre $\Delta\Phi = 1,83^\circ$.

Si se quiere saber a cuántos kilómetros aproximadamente equivale en la realidad un error de $1,83^\circ$ en la longitud, se debe utilizar la fórmula (2):

$$\text{Distancia (km)} = (2 \pi \cdot R_T \cdot \Phi \cdot \Delta L) / 360$$

La incertidumbre en la longitud producida por el sextante es de 237km a una latitud (ϕ) de 41° (aproximadamente a la que se encuentra Madrid).

CONCLUSIÓN

Es evidente que el sextante de fortuna introduce un error considerable en el cálculo de la posición, principalmente en la longitud, inaceptable si lo que se busca es ubicarse con exactitud. Sin embargo, si lo que se quiere es simplemente tener una idea cercana de dónde se halla uno, el uso de este sextante CD es completamente válido. Sería interesante el uso de este instrumento en aquellas situaciones en las que uno se encontrara totalmente perdido o a la deriva y no dispusiera de otros métodos para orientarse, debido a la relativa facilidad de los materiales implicados en su construcción y la sencillez de la misma.



APLICACIONES UTILIZADAS:

- Lunars Predictor by Frank Reed, 2016. Programa en línea que calcula y predice las distancias lunares de una gran variedad de estrellas en cualquier momento del año, tabulando los resultados por horas.

http://reednavigation.com/lunars/lunars_pre_v5.html

- Stellarium, 2016. Programa de ordenador que funciona como un planetario, mostrando el cielo en tres dimensiones, tal y como se observaría a simple vista. Permite simulaciones en cualquier ubicación, a cualquier hora, en cualquier día del año.

www.stellarium.org/es/

BIBLIOGRAFÍA

Mederos, Luis (2004), *Distancias lunares*.

Reed, Frank (2016), *Longitude by lunars*, [en línea], disponible en:

<http://reednavigation.com/lunars/>, [consultado en junio de 2016].

Reis, Omar F. (2012), *CD Sextant- Build your own sextant*, [en línea],

disponible en: <http://www.tecepe.com.br/nav/CDSextantProject.htm>,

[consultado en junio de 2016].

Viñuales, Ederlinda (2007), *¿Cómo hallar la latitud de un lugar?* CSIC, Network for Astronomy School Education.

Young, J.R. (1856), *Practical astronomy, navigation, nautical astronomy, and meteorology: being a guide to the scenery of the heavens, the planetary and stellar movements, the practice of navigation, and phenomena of the atmosphere*, Houlston and Stoneman, Londres.

the 1990s, the number of people with diabetes has increased in all industrialized countries. In the Netherlands, the prevalence of diabetes has risen from 1.5% in 1975 to 5.5% in 1995 (1). The prevalence of diabetes is expected to increase further in the next decades, because of the increasing life expectancy and the increasing prevalence of obesity (2).

Diabetes is a chronic disease, which is characterized by a deficiency of insulin, leading to hyperglycaemia. The hyperglycaemia is associated with a number of complications, such as retinopathy, nephropathy, neuropathy, and cardiovascular disease. The complications of diabetes are the main cause of morbidity and mortality in these patients (3). The complications of diabetes are also the main cause of health care costs in these patients (4).

The aim of this study was to determine the prevalence of diabetes in the general population of the Netherlands. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey.

Methods

Study design

The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey.

Study population

The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey.

Study procedures

The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey. The prevalence of diabetes was determined by means of a population-based survey.



La belleza molecular del cardo mariano. Propuesta computacional de la diana proteica de la silibinina

/ TERCER PREMIO

AUTOR | GUILLEM VILA SILES

COORDINADOR | MANUEL MONTOLIU BARGALLÓ

CENTRO | ESCUELA CONCERTADA BELL-LLOC DEL PLA

CIUDAD | GIRONA

RESUMEN |

Este trabajo es un estudio de las posibles uniones que puede formar la silibinina con proteínas relacionadas con metástasis cerebrales mediante técnicas de química computacional a fin de establecer una posible diana terapéutica. En primer lugar se establecieron las posibles dianas y se prepararon para realizar el estudio. Posteriormente se hicieron estudios computacionales a escala molecular y estudios detallados de las zonas de unión. Además, se observaron el tipo de interacciones entre las proteínas y la molécula. Finalmente se consiguieron establecer nuevas vías de investigación.

Palabras clave: Uniones, metástasis cerebrales, Química Computacional, zonas de unión, interacciones.

ABSTRACT |

This paper comprises an extensive study of the possible unions that silibin can perform within proteins involved in cerebral metastasis through computational chemistry techniques aiming to establish a possible protein target. Initially, protein targets were selected and then prepared to perform the analysis. Afterwards, computational studies at a molecular stage along with detailed studies of the union areas were completed. In addition, interactions among proteins and the molecule were observed. To conclude, it was possible to determine new research methods.

Keywords: Unions, cerebral metastasis, Computational Chemistry, union areas, interactions.



INTRODUCCIÓN

La Química Computacional (QC), en sus aspectos más básicos, es una disciplina que permite a los estudiantes de bachillerato acceder al mundo de las simulaciones estructurales y funcionales en los campos más sofisticados de la Química, en este caso, de la Bioquímica fina de la inhibición de la metástasis, un proceso que tiene en jaque a numerosos equipos punteros en la investigación Biomédica y al que nosotros queremos aportar nuestro modesto granito de arena.

El sistema de trabajo en esta temática es, en nuestro colegio, el siguiente: los estudiantes de una promoción hacen de monitores a los de la siguiente para explicarles los conceptos básicos a utilizar estableciendo unos nexos colaborativos de alta eficacia.

Es difícil imaginar que a un estudiante de bachillerato de repente se le encienda un circuito neuronal y se ponga a realizar un trabajo de investigación sobre moléculas de las que jamás nos hablarán a lo largo de nuestros estudios preuniversitarios. ¿Entonces qué explicación tiene que haya realizado este trabajo en el campo de la QC sobre el diseño de moléculas inhibidoras de proteínas responsables de la metástasis en ciertos procesos cancerosos?

El primer contacto con el tema me lo proporcionó mi tutor y profesor de Biología, Manel Montoliu, al comentarnos que *La Vanguardia* publicaba un artículo en el que se explicaba un descubrimiento del Dr. Joaquim Bosch, oncólogo del Hospital Josep Trueta de Girona. “Una molécula natural, la silibinina, tenía una remarcable acción contra las metástasis cerebrales del cáncer de pulmón refractarias a la quimioterapia y la radioterapia.” Este trabajo vendría a ser una continuación aunque con otro enfoque, del proyecto que se presentó en 2015 por parte de dos alumnos que realizaron un estudio de QC a partir de un trabajo de investigación del Dr. Joan Massagué, quien siguió de cerca el proyecto y que fue premiado con la Mención de Honor en Jóvenes Investigadores 2015.

En la monografía de 2015 se señalaba la dificultad de inhibir las metástasis cerebrales. Es por esto que la silibinina y sus derivados podrían ser una posible solución a este problema apuntado por el propio Dr. Massagué.

Dijeron hace ya unos años en Estocolmo que “la Química había dejado de ser una ciencia meramente experimental” cuando en 1998 se concedió el Premio Nobel de Química a Walter Kohn y John Pople quienes mediante cálculos teóricos demostraron que se podían predecir una gran variedad de fenómenos químicos.

Los programas informáticos que se han diseñado a partir del desarrollo de las hipótesis de los químicos teóricos permiten diseñar moléculas partiendo de modelos ya establecidos y conocidos. El premio Nobel de Química de 2013 fue otorgado a Martin Karplus, Michael Levitt y Arieh Warshel por el desarrollo de modelos multiescala de sistemas químicos complejos. Este premio nos confir-



ma que la QC representa una potente herramienta para las investigaciones en muchos campos de la Química.

He tenido la ayuda de dos antiguos alumnos de mi colegio: el propio Dr. Joaquim Bosch (promoción 1999), citado en líneas precedentes y el Dr. Aleix Viñolas (promoción 2005), Doctor en QC. Su inestimable ayuda ha sido decisiva para encarrilar y desarrollar esta monografía.

ANTECEDENTES

El primer contacto con el tema, como se ha dicho anteriormente, me lo proporcionó mi tutor, Manel Montoliu, al comentarme que *La Vanguardia* publicaba un artículo en el que se explicaba un interesante descubrimiento realizado en el hospital Josep Trueta, de Girona, por un antiguo alumno de Bell-lloc del Pla, el Dr. Joaquim Bosch. Este hecho se podía relacionar con las precisiones que había hecho el Dr. Joan Massagué, Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica en 2004 y Premio Nacional de Investigación Santiago Ramón y Cajal en 2014, respecto a la gran dificultad que se tenía y se tiene para detener una metástasis cerebral procedente de un cáncer de pulmón o de mama. El Dr. Joaquim Bosch ha descubierto que la silibinina es una sustancia de notable actividad antimetastásica en aquellas circunstancias en las que el Dr. Massagué señalaba como refractarias a los tratamientos con las técnicas más avanzadas.

La posibilidad que se nos presentaba era la de realizar un estudio computacional para proponer la diana terapéutica de la silibinina mediante técnicas *docking*.

La QC goza ya de una cierta tradición en nuestro colegio. Han sido numerosos los trabajos que, desde el año 2006, han tenido el nexo de la QC en sus planteamientos iniciales. La temática ha sido variopinta e interesante, desde fármacos antivíricos a componentes de las raquetas de tenis, desde medicamentos anticancerosos al análisis estructural de proteínas. En 2006, Pau Machado consiguió el Premio especial Santiago Ramón y Cajal con el trabajo titulado “El 607: molécula antirretroviral y en 2009”, Joan Rodríguez ganó el primer premio en el apartado de Ciencias de la Tierra y de la Vida con su trabajo α hélice o β lámina y en el año 2015, Arnau Cañabate y Èric Vallés consiguieron el Premio Especial del Certamen de Jóvenes Investigadores con su trabajo “Una adhesión no deseable”. No solamente Pau, Joan, Arnau y Èric desarrollaron trabajos basados en la QC. Un buen grupo de estudiantes de Bell-lloc hicieron su trabajo de investigación desarrollando diversos temas mediante esta novedosa disciplina científica.

Con la ayuda de antiguos alumnos llegué a comprender los principios básicos del funcionamiento de los programas que nos han permitido acceder a este mundo virtual que representa una de las partes más sofisticadas de la Química y que permite visualizar la estructura de las moléculas pudiendo jugar con ellas tal como se hace con las piezas de un Meccano, estudiando su estabilidad en



contraposición a las moléculas ya existentes permitiendo sugerir las posibles ventajas de las moléculas diseñadas.

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo es un estudio teórico computacional en el que mediante técnicas de *docking*, se valora la estabilidad de la unión de la silibinina con las tres posibles dianas implicadas en el proceso de la metástasis. Nuestra hipótesis es que la molécula que, según nuestros cálculos, genere una unión más estable, será la más probable diana de este fármaco sorprendente. El objetivo de esta monografía es establecer, mediante criterios de Química Computacional, la diana proteica preferencial de la silibinina, molécula extraída del *Silybum marianum*, y que en diferentes ensayos clínicos, ha demostrado su capacidad antimetastásica en procesos cancerosos cerebrales. Las posibles moléculas diana son:

1) **L1CAM/VCAM-1**: El equipo del Dr. Joan Massagué describió que esta molécula es muy importante en el proceso que siguen las células tumorales para "anidar" en el cerebro, pero no se conoce ningún tratamiento contra esta molécula. Sería interesante ver si la silibinina tiene alguna interacción ya que tiene una gran actividad a nivel de metástasis cerebrales.

2) **STAT3**: Por datos del laboratorio del Dr. Joaquim Bosch, sabemos que STAT3 (que es un transductor de señales de la activación de la transcripción de varios genes) se ve afectada por la silibinina, pero se cree que no es por una inhibición directa (pensamos que la silibinina bloquea alguna otra molécula que acaba inhibiendo la fosforilación de STAT3). Sin embargo, dado que es la molécula de la que hay más datos que se ve afectada por la silibinina, vamos a analizar qué interacción puede haber entre silibinina y STAT3.

3) **Vía BMP / ALK / SMAD2-3**: Esta es una línea de investigación en la que actualmente se está trabajando en el laboratorio de Dr. Bosch. La BMP es un factor trófico implicado en el cáncer. En definitiva, nuestro trabajo va a ser un estudio teórico computacional en el que mediante técnicas de *docking*, se valore la estabilidad de la unión de la silibinina con las tres posibles dianas implicadas en el proceso de la metástasis. Aquella que, según nuestros cálculos, genere una unión más estable, será la más probable diana de este fármaco sorprendente.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Conocer a la silibinina y su influencia en la metástasis.
2. Aprender los conceptos y técnicas de modelización molecular.
3. Aprender a diseñar nuevos compuestos de forma racional, con estructura base de la silibinina y que actúen como inhibidores de la tres posibles dianas proteicas.
4. Aprender a utilizar herramientas de Química Computacional para realizar



cálculos teóricos: Symyx Draw (diseño de estructura 2D de las moléculas, .mol), Open babel (cambia el formato del diseño a un formato previo en 3D, .pdb), Autodock tools (cambio del formato. pdb al .pdbqt) y Autodock Vina (con el que lanzaremos el *docking*).

5. Utilizar los programas Autodock tools, Ligand Explorer y Discovery Studio Visualizer para interpretar los resultados obtenidos. Aprender a discutir los resultados y a optimizarlos por iteración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Al ser un trabajo de Química Computacional nuestros materiales han sido los ordenadores y los programas de diseño molecular. Hemos utilizado Symyx Draw (diseño de estructura 2D de las moléculas, .mol), Open babel (cambia el formato del diseño a un formato previo en 3D, .pdb) y Autodock tools (cambio del formato .pdb al .pdbqt, Autodock Vina con el que lanzaremos el *docking*) y el Ligand Explorer y el Discovery Studio Visualizer para interpretar los resultados obtenidos. Para saber cuál puede ser la mejor diana de la silibinina, veremos cómo de estable es la unión entre las dos moléculas. Los resultados son la energía que desprende la unión de las dos moléculas, en -Kcal/mol. Cuanto más grande sea el valor absoluto de este número más estable será y, por tanto tendremos una mejor inhibición. El *docking* es una técnica que sirve para calcular la conformación óptima de una molécula en una cavidad, encontrando la orientación adecuada de los enlaces formados entre las dos moléculas (un receptor y un ligando).

La QC es una disciplina científica que permite el diseño de fármacos (entre otras muchas investigaciones que se pueden realizar computacionalmente) con una actividad definida reduciendo costes y tiempo en las primeras fases de su diseño. Permite descartar muchos compuestos al saber que no serán efectivos. Mediante el *docking* podemos, en nuestro caso, ver cuáles son las proteínas que se adherirán mejor a la silibinina, y que por tanto, tienen mayores probabilidades de ser la diana de nuestro principio activo.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del *docking* general son los siguientes:

RESULTADOS DOCKING																
Proteína		VCAM1	471A					ALK	19G1							
			A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F	G	
Energía de unión intermolecular (Eb) (Kcal/mol)	Ligand_1	-7,4	-7,1	-7,5	-7,5	-7,7	-7,5	-9,1	-5,6	-7,7	-8,6	-8,6	-7,8	-6,9	-6,9	-6,9
	Ligand_2	-7,4	-6,9	-7,0	-7,3	-7,6	-7,5	-9,0	-5,3	-7,2	-7,9	-8,1	-7,7	-6,8	-6,8	-6,8
	Ligand_3	-7,0	-6,9	-7,0	-7,2	-7,5	-7,5	-8,3	-4,9	-7,1	-7,7	-8,1	-7,0	-6,6	-6,7	-6,7
	Ligand_4	-7,0	-6,8	-6,9	-7,1	-7,3	-7,5	-8,0	-4,8	-7,1	-7,5	-8,0	-6,8	-6,6	-6,4	-6,4
	Ligand_5	-6,7	-6,7	-6,9	-7,1	-7,2	-7,3	-7,7	-4,7	-7,0	-7,4	-8,0	-6,8	-6,6	-6,4	-6,4
	Ligand_6	-6,5	-6,7	-6,9	-7,0	-7,2	-7,3	-7,7	-4,6	-6,9	-7,4	-7,9	-6,7	-6,3	-6,4	-6,4
	Ligand_7	-6,5	-6,4	-6,6	-7,0	-7,1	-7,2	-7,6	-4,6	-6,9	-7,1	-7,8	-6,6	-6,3	-6,4	-6,4
	Ligand_8	-6,3	-6,3	-6,4	-7,0	-6,9	-7,1	-7,5	-4,6	-6,9	-7,0	-7,7	-6,5	-6,3	-6,3	-6,3
	Ligand_9	-6,2	-6,3	-6,4	-6,9	-6,8	-7,0	-7,3	-4,5	-6,9	-7,0	-7,5	-6,5	-6,2	-6,3	-6,3

Tabla1 con los resultados del *docking* general de las proteínas propuestas en este trabajo con la silibinina. Se observa una gran diferencia entre los valores de la alk y las demás proteínas.



Una vez hallados los resultados de la tabla anterior, se observó la localización de los diferentes ligandos para así proponer posibles sitios activos de la proteína exceptuando el caso de la 1BG1 por los motivos comentados anteriormente. Además tampoco se realizaron dichos *dockings* debido a la enorme diferencia de energía de unión intermolecular entre el primer ligando y los demás. Como se observa en la tabla anterior, las Zonas A son las que mayor Eb tienen, y entre ellas, destaca la Zona A de la ALK. En el caso de la STAT3D, se ha elegido la Zona A frente la Zona C debido al número de ligandos que se hallaron en el *docking* general pertenecientes a aquella zona. Los resultados de la Zona A de la VCAM-1 y la STAT3A, pese a no tener tan buena Eb como las anteriores, también son unos buenos resultados. Los resultados obtenidos en el modelo 1BG1, en el caso de la Zona A no son los esperados. Dicho resultado se cree que es debido al origen del modelo cristalográfico, puesto que para poder realizarlo se unió una cadena de ADN al aminoácido Y705, lo que pudo causar un cambio conformacional. Con las herramientas gratuitas de las que se disponen, dicho resultado no puede ser mejorado, y tampoco se puede estudiar el comportamiento de la proteína en movimiento (dinámica molecular). Pese a eso, debido a los resultados experimentales del Dr. Bosch, no se cree que se deba dar como inútil este dato.

RESULTADOS DOCKING																							
Proteína	VCAM1	STAT3																ALK					
		A				B			C				D			E				A	B	C	
Zona	A	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C	D	A	B	C	
Ligandos de la Zona	1,2,3,4,5,6	1,6,8	2,5	3,9	4	1,6,7	2,9	3,4,5	1,6	2	3,4,7,8	5,9	1,4,5,7	2,6	3	1,2,4	3	5	6,8,9	1,2,3,4,6,8,9	5	7	
Energía de unión intermolecular (Eb) (Kcal/mol)	Ligand_1	-7,7	-7,7	-7,2	-6,9	-6,9	-7,8	-7,1	-7,0	-7,5	-7,2	-6,9	-6,7	-7,8	-7,5	-7,8	-7,5	-6,9	-7,3	-7,0	-8,0	-7,5	-7,6
	Ligand_2	-7,6	-7,4	-6,8	-6,3	-6,5	-7,6	-6,7	-6,9	-7,4	-6,5	-6,8	-6,5	-7,3	-7,0	-7,3	-7,8	-6,1	-7,2	-7,0	-8,0	-7,4	-7,2
	Ligand_3	-7,3	-7,3	-6,7	-6,3	-6,5	-7,0	-6,5	-6,8	-7,0	-6,2	-6,7	-6,4	-7,1	-6,7	-7,1	-7,6	-5,9	-7,0	-6,7	-8,7	-7,0	-6,9
	Ligand_4	-7,1	-7,0	-6,6	-6,3	-6,2	-6,7	-6,5	-6,3	-6,9	-6,2	-6,7	-6,3	-7,1	-6,5	-7,0	-7,4	-5,9	-6,9	-6,6	-8,4	-7,0	-6,5
	Ligand_5	-7,1	-6,7	-6,5	-6,2	-6,2	-6,6	-6,3	-6,3	-6,8	-6,1	-6,6	-6,3	-6,8	-6,5	-6,9	-7,4	-5,8	-6,7	-6,5	-8,1	-6,9	-6,2
	Ligand_6	-6,9	-6,6	-6,4	-6,1	-6,1	-6,6	-6,2	-6,2	-6,7	-5,9	-6,6	-6,3	-6,8	-6,4	-6,5	-7,2	-5,7	-6,5	-6,4	-7,9	-6,7	-6,2
	Ligand_7	-6,8	-6,6	-6,2	-6,0	-6,1	-6,5	-6,2	-6,2	-6,5	-5,8	-6,5	-6,3	-6,7	-6,2	-6,5	-7,2	-5,6	-6,5	-6,4	-7,7	-6,7	-6,1
	Ligand_8	-6,7	-6,6	-5,8	-6,0	-6,1	-6,5	-6,1	-5,9	-6,4	-5,8	-6,3	-6,3	-6,7	-6,2	-6,2	-7,2	-5,6	-6,4	-6,2	-7,6	-6,5	-6,1
	Ligand_9	-6,6	-6,6	-5,8	-5,8	-6,0	-6,4	-6,0	-5,9	-6,2	-5,7	-6,3	-6,2	-6,7	-6,1	-6,1	-6,9	-5,5	-6,4	-6,2	-7,6	-6,5	-5,9

Tabla 2 con los resultados del *docking* específico de cada zona hallada con el *docking* general. Se encuentran resaltados en color naranja los mejores resultados obtenidos. Los resultados del modelo 1bg1 no están presentados en esta tabla debido a su presencia en la tabla anterior.

Para conocer la relevancia de los datos obtenidos, se compararon con los datos obtenidos del *docking* de la proteína ALK con la molécula de entrectinib, inhibidor conocido de dicha proteína. Así pues se realizó el *docking* de dicha molécula con la proteína mencionada, y los resultados obtenidos fueron los siguientes:



Energía de unión intermolecular (Eb) (Kcal/mol)

Tabla 3

Tabla con los resultados obtenidos del *docking* de la alk con el entrectinib.

ENERGÍA DE UNIÓN INTERMOLECULAR (EB) (KCAL/MOL)	Ligand_1	-12,2
	Ligand_2	-11,8
	Ligand_3	-11,4
	Ligand_4	-11,2
	Ligand_5	-10,8
	Ligand_6	-10,6
	Ligand_7	-10,5
	Ligand_8	-10,3
	Ligand_9	-10,2

Tal como se observa en la tabla contigua, los resultados obtenidos varían entre -12,2 Kcal/mol y -10,2 Kcal/mol. Gracias a estos valores, podemos afirmar que los resultados obtenidos en las posibles dianas de la silibinina son buenos, pero podrían llegar a ser mejores en otras proteínas.

CONCLUSIONES

La molécula de silibinina muestra una buena afinidad electrónica con las proteínas de STAT3B, STAT3D, STAT3E y ALK con una Eb de -7'8 Kcal/mol, -7'8 Kcal/mol, -7'9 Kcal/mol y -9'0 Kcal/mol respectivamente. Como se puede observar, de dichas proteínas mencionadas anteriormente, la que mayor afinidad muestra es la de ALK. Pese a la energía de -5,6 Kcal/mol obtenida en el modelo 1BG1, se cree que no se debería abandonar esta rama de la investigación debido al posible cambio conformacional del modelo debido a su origen y el contraste de los resultados obtenidos en este trabajo con los obtenidos experimentalmente.

Así pues, la proteína ALK es la que presenta la mayor probabilidad de las tres proteínas propuestas al inicio del trabajo para ser la diana terapéutica de la silibinina.

Pese a eso, serían necesarios nuevos estudios con otras proteínas para corroborar o desmentir dichos resultados. También sería necesario asegurar que la forma conformacional de los modelos cristalográficos utilizados es la que se halla presente en el cuerpo humano.



Otra fuente de investigación viable podría ser realizar nuevos estudios con derivados de la silibinina con tal de mejorar la afinidad con la ALK y así mejorar también su actividad biológica.

Es importante remarcar que de las técnicas de modelización moleculares como la utilizada en este trabajo permiten estudiar las dianas biológicas de posibles fármacos antes de su desarrollo farmacéutico, lo que reduce los enormes costes de investigación de nuevos medicamentos.

BIBLIOGRAFÍA

EL CÁNCER:

VV.AA. de la Asociación española contra el cáncer, actualizado el 03/01/2017, “¿Qué es el cáncer?”, *AECC*, [en línea], disponible en: <https://www.aecc.es/SobreElCancer/elcancer/Paginas/%C2%BFQu%C3%A9es-el-c%C3%A1ncer.aspx>, [consultado el 06/07/2016].

VV.AA. de la American Cancer Society, (2016), “¿Qué es el cáncer?”, *American Cancer Society*, [en línea], disponible en: <http://www.cancer.org/espanol/cancer/aspectosbasicossobreelcancer/que-es-el-cancer>, [consultado el 06/07/2016].

Dr. Puente, Javier y DR. De Velasco, Guillermo SEOM Sociedad Española de Oncología Médica (06/03/2017), “¿Qué es el cáncer y como se desarrolla?”, *Seom*, [en línea], disponible en: <http://www.seom.org/en/informacion-sobre-el-cancer/que-es-el-cancer-y-como-se-desarrolla>, [consultado el 06/07/2016].

Equipo de redactores y equipo de editores médicos de la American Cancer Society, “¿Qué son los tumores de encéfalo y los tumores de médula espinal en adultos?”, *American Cancer Society*, [en línea], disponible en: <http://www.cancer.org/espanol/cancer/tumoresdeencefalo/guiadetallada/tumores-de-encefalo-y-de-medula-espinal-en-adultos-what-is-what-are-brain-spinal-tumors>, [consultado el 06/07/2016].

LA METÁSTASIS Y LOS TUMORES SECUNDARIOS:

VV.AA., “Cáncer metastático”, última actualización, 2016, NCI Dictionary of Cancer Terms, [en línea], disponible en: <http://www.cancer.gov/espanol/tipos/cancer-metastatico>, [consultado el 06/07/2016].

ICJEEM (2009), “Cancer Metástasis”, YouTube, [en línea], disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=r_2bUhSwdvY, [consultado el 06/07/2016]



LOS RECEPTORES DE MEMBRANA VCAM-1 Y L1CAM Y LAS PROTEÍNAS STAT3 Y ALK:

- Cook-Mills, Joan M (2011), "Vascular Cell Adhesion Molecule-1 Expression and Signaling During Disease: Regulation by Reactive Oxygen Species and Antioxidants", *Antioxidants & Redox Signaling*, 15 (6), 1607-1638, [en línea], disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3151426/>, [consultado el 06/07/2016].
- Altevogt, Peter (2015), "L1CAM in human cancer", Wiley Online Library, 138 (7), 1565-1576, [en línea], disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ijc.29658/abstract;jsessionid=4AC96A81873188FF1AC8A51ABC257F4B.f02t04>, [consultado el 06/07/2016].
- VV.AA., "Cell Adhesion Molecules", última actualización 30/06/2005, U.S. National Library of Medicine, [en línea], disponible en: https://www.nlm.nih.gov/cgi/mesh/2011/MB_cgi?mode=&term=Cell+Adhesion+Molecules, [consultado el 06/07/2016].
- VV.AA. UCM Universidad Complutense de Madrid, Departamento de bioquímica y biología molecular II, (2001), "Mecanismos de Transducción de señales por receptores de membrana", UCM, Tema 1 pp.1, p.19. [En línea], disponible en: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/bio-mol2/Tema%2001.pdf>, [consultado el 06/07/2016].
- Cisbio (2016), "Phospho-STAT3 (Tyr705) & Total STAT3 Cellular Assay Kits", Cisbio, [en línea], disponible en: <http://www.cisbio.com/other/drug-discovery/phospho-stat3-tyr705-cellular-assay-kit>, [consultado el 06/07/2016].
- VV.AA. del National Cancer Institute, "anaplastic lymphoma kinase gene", National Cancer Institute, [en línea], disponible en: <https://www.meb.uni-bonn.de/Cancernet/GlossaryTerm/CDR0000721259.html>, [consultado el 06/07/2016].

LAS METÁSTASIS CEREBRALES:

- VV.AA. de Sanitas (2016), "¿Qué es la metástasis cerebral?", Sanitas, [en línea], disponible en: <http://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-salud/cancer/metastasis-cerebral.html>, [consultado el 06/07/2016].
- Un descubrimiento en Girona: la silibinina del Dr. Bosch:
- ICO gencat, "Un estudio del ICO Girona muestra por primera vez la capacidad antitumoral en humanos de la silibinina, una sustancia natural", Institut Català d'Oncologia, [en línea], disponible en: <http://ico.gencat.cat/es/detall/noticia/160321-Un-estudi-de-laICO-Girona-mostra-per-prime-ra-vegada-la-capacitat-antitumoral-en-humans-de-la-silibinina-una-substancia-natural-00001>, [consultado el 06/07/2016].



Soteras, Ana (2016), “Reducen más 70% metástasis cerebral en cáncer de pulmón con la silibinina”, EFE: Salud, [en línea], disponible en: <http://www.efesalud.com/noticias/reducen-mas-70-metastasis-cerebral-en-cancer-de-pulmon-con-la-silibinina/>, [consultado el 06/07/2016].

ESTUDIO DE LAS MOLÉCULAS FLAVANOLIGNÁNICAS DE *SILYBUM MARIANUM*:

Giménez, Oscar (Barcelona 2013), “La silibinina podría ayudar a tratar el cáncer pulmonar”, GacetaMedicaCom, [en línea], disponible en: http://www.gacetamedica.com/hemeroteca/la-silibinina-podria-ayudar-a-tractar-el-cancer-pulmonar-AXLG_789328, [consultado el 06/07/2016].

LINKS:

El artículo completo se puede encontrar en [Academia](#)

Vídeo explicativo [30° Certamen Jóvenes Investigadores](#)



Análisis de pantallas táctiles mediante la difracción de un láser

/ TERCER PREMIO

AUTORES | ÍÑIGO RÍOS ARROYO Y CARLOS TEJEDOR BIELZA

COORDINADOR | JOSÉ FRANCISCO ROMERO GARCÍA

CENTRO | COLEGIO RETAMAR

CIUDAD | : POZUELO DE ALARCÓN

RESUMEN |

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis no destructivo de las pantallas y su resolución mediante fenómenos de difracción e interferencia. Para ello hemos planteado una hipótesis, que la pantalla tiene que tener una estructura interna que produce un patrón de difracción, que será diferente dependiendo del tipo de pantalla, OLED o LCD. Uno de los objetivos más importantes es hallar la densidad de píxeles en cada dispositivo. Además, intentamos saber diferenciar entre los diferentes tipos de pantallas, ya sean LED o LCD.

Palabras clave: Difracción, red de difracción, Fraunhofer, pantallas táctiles, densidad de píxeles, láser, campo lejano, número de Fresnel.

ABSTRACT |

The main objective of this project is to carry out a non-destructive analysis of screens and their resolution through diffraction and interference phenomena. In order to do so, we postulated a hypothesis, which is that screens must have an internal structure that produces a diffraction pattern that will be different depending on the screen type, OLED or LCD. Another main objective is to find the pixel density in each device. We try to be able to differentiate between the different types of screen as well.

Keywords: Diffraction, diffraction grating, Fraunhofer, tactile screens, pixels density, laser, far field, Fresnel number.



Existen dos tipos de pantalla, OLED y LCD, estas están formadas por diferentes capas, y esto producirá diferentes redes de difracción, ya que los píxeles actúan como “rendijas” que cuando pasa una onda, se difractará (produciendo también interferencias). Utilizando la ecuación de redes de difracción de Fraunhofer se podrá calcular la distancia entre píxeles:

$$d \cdot \text{sen}(\alpha) = n\lambda$$

La hipótesis del trabajo es que la pantalla tiene que tener una estructura interna que produce un patrón de difracción, que será diferente dependiendo del tipo de pantalla, OLED o LCD.

El método consistirá en dos partes: mirar una pantalla a través de la lupa y ver la red de difracción formada al apuntar con un láser.

Para mirar las diferentes pantallas en la lupa lo primero que hacíamos era buscar una pantalla blanca para que siempre fuera el mismo color. Ajustamos hasta que se vea la imagen nítida. Dependiendo de la pantalla, los colores de los píxeles se verán o no, en el caso de que no, al hacerle la fotografía¹ y aumentarla, podremos observar los diferentes colores.

Antes de comenzar la segunda parte calibraremos la longitud de onda del láser verde. Para ello, compararemos con el láser rojo de helio-neón que, al estar compuesta por gases, tiene una longitud de onda más precisa. Para calibrar haremos que el láser rojo y el verde, pasen por una red de difracción (un CD sin espejo). Los láseres estarán paralelos y a la misma distancia de la red de difracción, para que el error sea el menor posible. Mediremos la distancia entre el punto central de la red creada y el siguiente punto de la red y aplicaremos la ecuación de redes de Fraunhofer.

Los resultados de la calibración fueron que la longitud de onda del láser verde era de 546 ± 6 nm.

La segunda parte del experimento era ver la red de difracción formada al apuntar con un láser. Para ello tendremos que utilizar dos pies de laboratorio: uno para sujetar el dispositivo electrónico y otro para sujetar el láser.

Por último, elegimos un sitio donde se pudiera ver bien la red de difracción: un sitio oscuro con fondo blanco. Empezaremos con la última parte. Para ello, estableceremos una posición del dispositivo electrónico (a 2,5 metros de la pared) y a una altura determinada (1,2 metros) pondremos dos bolas de *Blu tack* con tela negra pegada a este. Esta tela negra tendrá la función de absorber la luz. Los dos puntos que taparemos serán el punto central de la red (este punto

¹ La cámara podía aumentar con el zoom óptico hasta 5 veces la imagen, más lo que después se podía aumentar la fotografía.



se mantendrá constante, pues podría cambiar la distancia entre la red y el dispositivo) y otro punto, el más intenso (más intenso que el punto central de la red), que es un punto que se forma por la reflexión de las pantallas. En ciertos casos, como se verá con el *Ipad 2*, veremos que se forman tres puntos en vez de dos (debido a la reflexión interna de las capas de pantallas).

Una vez establecida la altura y la distancia, ajustaremos el láser para que dé en el punto deseado. El siguiente paso será hacerle una foto para futuras investigaciones y medir la distancia entre los puntos.

Al igual que con el método los resultados se dividirán en dos partes.

Los resultados de la primera parte se pueden dividir en dos bloques, por un lado, los que tienen los píxeles de colores de tamaño distinto, y, por otro lado, los que lo tienen del mismo tamaño.

En el primer bloque encontramos el *Samsung J5* (Imagen 1) y el *Samsung S3 mini* (Imagen 7), que como se puede observar el azul es el más grande, después el rojo y en tercer lugar encontraremos el verde. Estos dos dispositivos coinciden con las pantallas OLED.

En el segundo bloque nos encontramos el resto de dispositivos electrónicos: *bq Edinson 3* (Imagen 2), *Samsung Core Prime* (Imagen 3), *Huawei P8 Lite* (Imagen 4), *Ipad 2* (Imagen 5) y *Iphone 5* (Imagen 6). Que coincide con las pantallas LCD.

Como hicimos en el método, los resultados de la segunda parte del experimento se los dividiremos en dos apartados.

En el primer apartado conseguimos comprobar que, si girábamos la pantalla, la red cambiaba de posición, pero seguía siendo la misma red. También comprobamos que los ángulos de incidencia solo conseguían mover la red (arriba o abajo, a derecha o izquierda) pero los tamaños de la red no cambiaban por el ángulo de incidencia, ya que las variaciones eran pequeñas y no afectaban a la distancia. Lo que sí que cambiaba, cuando variábamos el ángulo de incidencia, era la posición del punto reflejado (el más brillante) con respecto de la red de difracción. Por último, comprobamos que la distancia sí que influía, a más distancia entre el dispositivo y la pantalla más era la distancia entre los puntos.

En el segundo apartado, tras medir la distancia entre los puntos de la red, sacábamos los píxeles por pulgada que debería tener la pantalla. Su poniendo que d es la distancia entre píxeles, λ la longitud de onda, D la distancia entre la pared y la red de difracción y s la distancia entre los puntos, y sabemos que $m=1$. Aplicando la ley de la difracción, sacamos que:

$$m\lambda = d \cdot \text{sen}(\alpha) \Leftrightarrow d = \frac{\lambda}{\frac{s}{D}}$$



A partir de aquí, pasaremos la distancia a pulgadas, y después veremos cuántos píxeles por pulgada debería tener la pantalla. Los errores se calculan por derivación parcial, tras haber tomados logaritmos.

Sabiendo que en ciertos casos la distancia entre puntos verticalmente y horizontalmente es diferente. Entonces, tendremos dos s : s_v y s_h .

Por lo tanto, los resultados obtenidos han sido:

DISPOSITIVO ELECTRÓNICO	Densidad de píxeles/ppp (píxeles por pulgada) Este es el n° que da el fabricante	s_v /mm ($\pm 0,01$ mm)	s_h /mm ($\pm 0,01$ mm)	Densidad de píxeles verticalmente /ppp	Densidad de píxeles horizontalmente /ppp
SAMSUNG J510FN	283	16,80	16,80	282 ± 14	282 ± 14
BQ EDISON 3	150	10,30	10,30	173 ± 8	173 ± 8
SAMSUNG CORE PRIME	207	12,57	15,59	211 ± 10	262 ± 13
IPAD 2	132	14,23	18,86	239 ± 12	316 ± 15
HUAWEI P8 LITE ALE-L21	294	16,97	18,95	285 ± 14	318 ± 15
IPHONE 5	326	17,40	19,65	292 ± 14	330 ± 16
SAMSUNG S3 MINI	233	11,5	15,05	193 ± 9	252 ± 12

Podemos afirmar que hemos conseguido calcular los píxeles de los diferentes dispositivos electrónicos. Se ve como dependiendo del caso, los fabricantes deciden poner la densidad de píxeles horizontal o vertical. Por ejemplo, en el Samsung Core Prime y en Huawei P8 Lite se utilizan las medidas verticales, en cambio, en el Iphone 5 se utilizan las medidas horizontales.

Podemos ver que nuestros resultados sobre el Ipad 2 no tienen que ver nada con los datos dados por el fabricante.

Si nos fijamos en las imágenes de las redes (apartado de Imágenes), vemos como el *Samsung J5* (Imagen 8) y el *Samsung S3 mini* (Imagen 14), ambos tienen dos redes de difracción con las mismas medidas que se superponen, ambos tienen pantalla OLED. También estas dos redes se parecían mucho entre sí.

Las redes de difracción de las pantallas LCD también se parecían bastante entre ellas.



En general, en las redes de difracción se veía como cada tres líneas de puntos hay una más intensa. Este fenómeno se veía muy bien en el caso del *Ipad 2*.

Las conclusiones a las que hemos llegado después de este trabajo han sido las que se presentan en el apartado.

Podríamos decir si es LED o LCD si la vemos a través de una lupa. Ya que la pantalla LED tiene los píxeles de distintos tamaños y son más intensos pues la luz la producen ellos mismo, en cambio, las pantallas LCD reflejan una luz y por lo tanto los puntos se ven menos intensos, y además, podemos ver un tamaño parecido entre los píxeles.

También hemos conseguido cumplir el principal objetivo al poder decir que, exceptuando el *Ipad 2*, hemos conseguido una densidad de píxeles parecida a la que da el productor, ya sea verticalmente u horizontalmente.


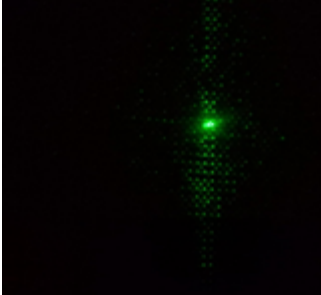


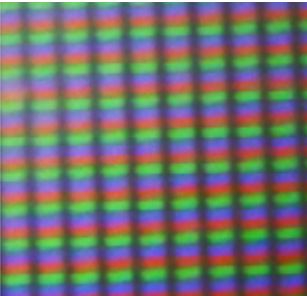
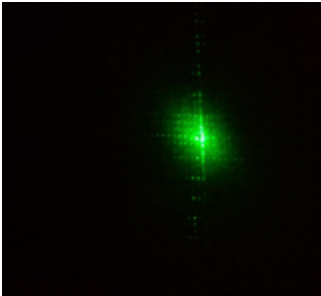
Para terminar, la conclusión que extraemos de este trabajo es que hemos conseguido hacer un análisis no destructivo de las pantallas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bauer, Wolfgang y Westfall Gary, D. (2014), *Física para ingeniería y ciencias con física moderna*, Editorial Mc Graw Hill Education, Tomo 2, Segunda Edición.
- Chamorro Posada, P, Martín Gil, J., Martín Ramos, P., & Navas García, L. M. (2008), *Fundamentos de la tecnología OLED*.
- Hammack, B., Ryan, P, Zieck, N. (2012), *Eight Amazing Engineering Stories: Using the Elements to Create Extraordinary Technologies*, Articulate Noise Books.
- Javan, A., Bennett, W.R. and Herriott, D.R. (1961), "Population Inversion and Continuous Optical Maser Oscillation in a Gas Discharge Containing a He-Ne Mixture", *Phys. Rev. Lett.* 63, pp. 106–110.
- Sanz Esteban, Miguel; Serrano Barrero, Susana; Torralba Redondo, Begoña. (2016), *Biología 2 Bachillerato*, Inicial Dual.

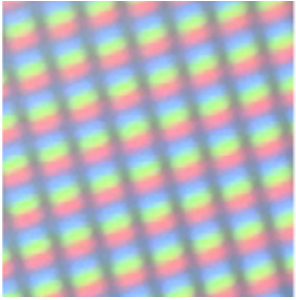
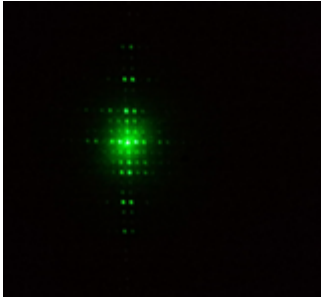

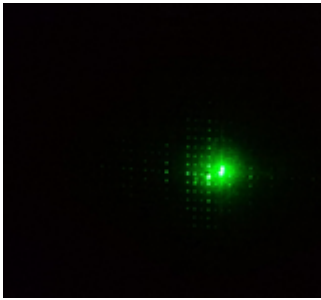

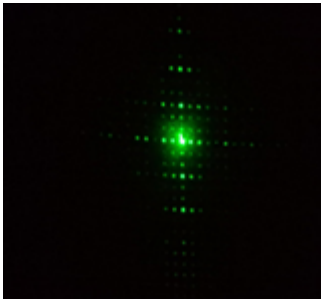

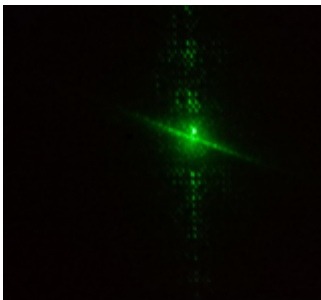


ANEXO. Imágenes²

DISPOSITIVO ELECTRÓNICO	Pantalla vista en el microscopio	Red de difracción
SAMSUNG J5	 <p data-bbox="676 820 753 845">Imagen 1</p>	 <p data-bbox="1043 820 1120 845">Imagen 8</p>
BQ EDISON 3	 <p data-bbox="676 1193 753 1218">Imagen 2</p>	 <p data-bbox="1043 1193 1120 1218">Imagen 9</p>
SAMSUNG CORE PRIME	 <p data-bbox="676 1566 753 1591">Imagen 3</p>	 <p data-bbox="1043 1566 1120 1591">Imagen 10</p>

² Todas las imágenes de este apartado han sido de elaboración propia.



DISPOSITIVO ELECTRÓNICO	Pantalla vista en el microscopio	Red de difracción
HUAWEI P8 LITE	 <p data-bbox="654 634 733 662">Imagen 4</p>	 <p data-bbox="1015 634 1105 662">Imagen 11</p>
IPAD 2	 <p data-bbox="654 1009 733 1037">Imagen 5</p>	 <p data-bbox="1015 1009 1105 1037">Imagen 12</p>
IPHONE 5	 <p data-bbox="654 1382 733 1410">Imagen 6</p>	 <p data-bbox="1015 1382 1105 1410">Imagen 13</p>
SAMSUNG S3 MINI	 <p data-bbox="654 1755 733 1784">Imagen 7</p>	 <p data-bbox="1015 1755 1105 1784">Imagen 14</p>

the 1990s, the number of people who have been employed in the public sector has increased in all countries.

There are a number of reasons for the increase in public sector employment. First, the public sector has become an important source of employment for many people, especially in developing countries. Second, the public sector has become an important source of income for many people, especially in developing countries. Third, the public sector has become an important source of social services for many people, especially in developing countries. Fourth, the public sector has become an important source of political power for many people, especially in developing countries.

The increase in public sector employment has led to a number of problems, including:

1. The public sector has become a major employer of people with low skills and low productivity.

2. The public sector has become a major source of corruption and inefficiency.

3. The public sector has become a major source of social inequality.

4. The public sector has become a major source of political instability.

5. The public sector has become a major source of economic stagnation.

6. The public sector has become a major source of environmental degradation.

7. The public sector has become a major source of social unrest.

8. The public sector has become a major source of political repression.

9. The public sector has become a major source of economic crisis.

10. The public sector has become a major source of social collapse.

11. The public sector has become a major source of political chaos.

12. The public sector has become a major source of economic disaster.

13. The public sector has become a major source of social disaster.

14. The public sector has become a major source of political disaster.

15. The public sector has become a major source of economic disaster.

16. The public sector has become a major source of social disaster.

17. The public sector has become a major source of political disaster.

18. The public sector has become a major source of economic disaster.

19. The public sector has become a major source of social disaster.

20. The public sector has become a major source of political disaster.



Lagarto, lagarto (Diseño y construcción de maquetas que, de forma novedosa, ayudan a entender qué es la tensión superficial y justifican por qué el basilisco puede andar sobre el agua)

/ ACCESIT

AUTORES | ANDREA MORENO CABRERA Y PEDRO VÁZQUEZ BERNAL

COORDINADOR | MIGUEL SÁNCHEZ ALONSO

CENTRO | IES BOTÁNICO

CIUDAD | SAN FERNANDO

RESUMEN |

¿Por qué el basilisco puede andar por el agua? Este hecho tiene que ver con la tensión superficial (TS): la superficie de un líquido actúa como una membrana elástica. Tras estudiar la TS teóricamente, diseñamos un sistema que la cuantifica, comprobando que es una fuerza débil. Entonces, ¿cómo soporta la membrana el peso del lagarto? La clave podría estar en que el movimiento de sus patas es tan rápido que no da tiempo a que se rompa. Para probar esta hipótesis, diseñamos y construimos un sucedáneo de lagarto...

Palabras clave: Tensión superficial, lagarto basilisco, caminar sobre el agua.

ABSTRACT |

Why the basilisk can walk on the water? This fact has to do with surface tension (ST): the surface of a liquid acts as an elastic membrane. After a theoretical study of ST, we designed a system to quantify it. We could prove that it is a weak force. So how does the membrane support the weight of the lizard? The key would seem to be the high speed of its legs. Its movement is so fast that there is no time for breaking the membrane. To test this hypothesis, we designed and built a substitute lizard...

Keywords: Surface tension, basilisk lizard, walking on water.

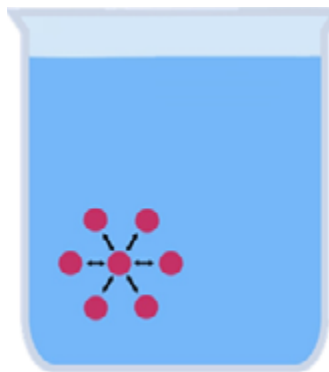


La idea de realizar este trabajo surgió a raíz de la visualización de un vídeo (National Geographic, 2007) en clase de Biología; en la película aparecía un pequeño reptil llamado basilisco, natural de América Central, que va a ser el protagonista de nuestra historia. La peculiaridad más significativa de este lagarto es su capacidad de correr sobre el agua. De todos es sabido que la flotabilidad de un sólido sobre un líquido depende del valor que muestren las densidades de ambos, de manera que el sólido flotará sobre el líquido siempre que sea menos denso que éste. Y aquí surgió la pregunta: ¿Cómo es posible que el basilisco pueda andar sobre el agua siendo más denso que ésta? Comentando este hecho en clase de Física, el profesor sugirió que quizá esto fuera posible debido a una propiedad que presentan los líquidos llamada tensión superficial, aunque no era capaz de asegurarlo. Intrigados por el enigma planteado, decidimos embarcarnos en esta investigación, cuyos objetivos iniciales fueron:

- Estudiar desde un punto de vista teórico qué es la tensión superficial y analizar las consecuencias que se originan a partir de la citada propiedad.
- Diseñar y construir una maqueta que nos permita determinar cuánto vale la tensión superficial de un líquido.
- Explicar por qué el basilisco es capaz de caminar sobre el agua mediante el diseño y construcción de un robot que simule este comportamiento.

Si la clave del asunto estaba en la tensión superficial, lo primero que nos planteamos fue estudiar en qué consiste este fenómeno físico. Todos sabemos que un líquido es un sistema material formado por partículas juntas que se deslizan unas sobre otras. Esto es así porque, a diferencia de lo que ocurre con los gases, entre las partículas del líquido existe una cierta fuerza de unión que evita que se separen unas de otras. Si tenemos una partícula cualquiera que se encuentra en el seno de un líquido (Imagen 1), es evidente que ésta va a ser atraída por la partícula que se haya a su derecha, y también por la que está a su izquierda, por lo que ambas fuerzas se cancelan. Lo mismo ocurrirá con las que están arriba y abajo, o delante y detrás. El resultado de todas estas atracciones es nulo, de manera que una partícula en el seno de un fluido se comporta como si no fuera atraída por las demás.

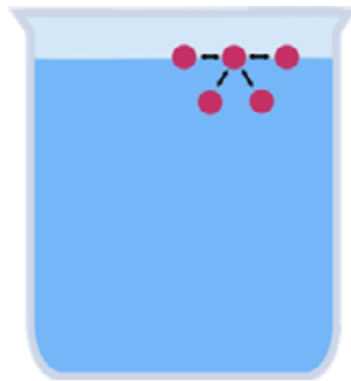
Figura 01





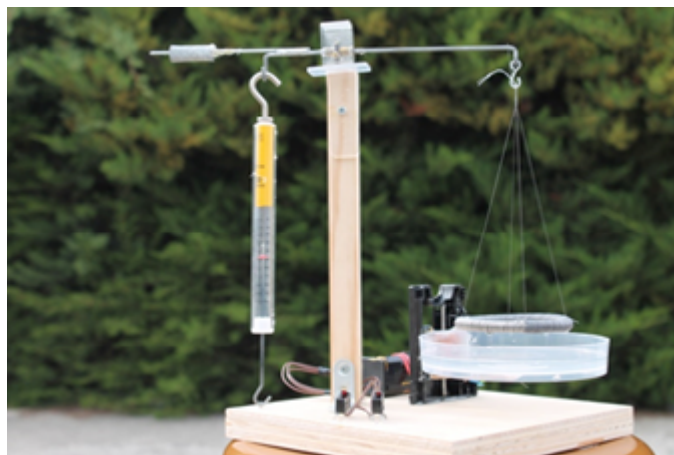
Pero, ¿qué sucede con las partículas que se encuentran en la superficie libre del líquido? (Imagen 2). Es evidente que éstas van a ser atraídas por las que están debajo, pero al no tener partículas por arriba, va a existir una fuerza de atracción neta que tira de las partículas de la superficie hacia el interior del líquido. A dicha fuerza se le da el nombre de tensión superficial, y ésta es la causa de que la superficie libre de cualquier líquido se comporta siempre como si fuera una fina membrana elástica. Cada líquido tiene su valor característico de tensión superficial, que se representa con la letra γ y se expresa en el S I de unidades en N/m.

Figura 02



Una vez asimilado qué es y por qué se produce la tensión superficial, abordamos la cuestión de cómo de cuantificar la intensidad de esa interacción. En la bibliografía encontramos distintos métodos para medir la tensión superficial de un líquido (Wikipedia, 2004). Nosotros usamos el llamado método del anillo (Franco, 2010), y lo mejoramos diseñando y construyendo una maqueta llamada “pegajosímetro” (Imagen 3).

Figura 03





Es una especie de balanza de brazos desiguales; en uno de los brazos hay colgado un anillo metálico en posición horizontal, mientras que en el otro brazo hay un dinamómetro que equilibra constantemente el sistema. Bajo el anillo hay un depósito que puede subir y bajar por la acción de un motor eléctrico. El anillo se introduce en el líquido y cuando el depósito desciende lo suficiente, se observa que el líquido forma una película que se adhiere al anillo (Imagen 4), marcando el dinamómetro el máximo de fuerza justo cuando el anillo se separa del agua, rompiéndose la película de líquido. A partir de la diferencia entre esta fuerza máxima y el peso es posible obtener la tensión superficial del líquido.

Figura 04

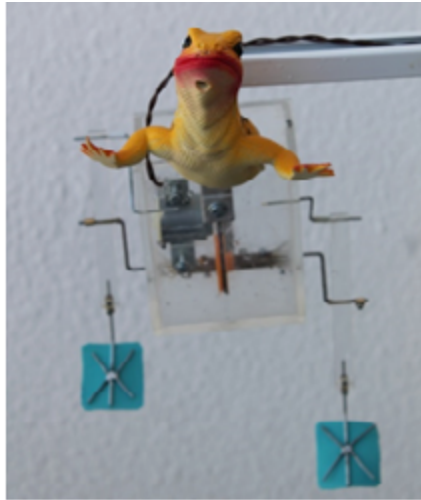


Haciendo uso del Pegajosímetro, hemos determinado que, concretamente para el agua, la fuerza necesaria para romper la lámina formada entre el anillo y el líquido es de 0,11 N. Aplicando la ecuación de Du Nouy, hemos obtenido para el agua un valor experimental de tensión superficial de 0,0079 N/m.

La medida obtenida pone de manifiesto que la tensión superficial es una interacción relativamente débil, y por tanto, en principio incapaz de sostener al lagarto. Entonces, ¿por qué no se hunde éste? En este callejón sin salida nos hallábamos cuando, recordando un conocido juego popular, vimos la luz. De todos es sabido que cuando se lanza una piedra plana en paralelo a la superficie de un líquido con la suficiente velocidad, la piedra bota repetidas veces sobre el líquido, y sólo se hunde cuando su velocidad disminuye. Es evidente que cuando la piedra lleva una velocidad alta, el contacto con el agua dura muy poco tiempo, y se podría pensar que la tensión superficial no llega a romperse, lo que justifica que la piedra bote. Si esta explicación era válida para la piedra, ¿por qué no podía servir también para el basilisco? Resumiendo: nuestra hipótesis fue que el ínclito lagarto puede andar sobre el agua porque es capaz de mover las patas con tal velocidad que el contacto entre la pata y el agua dura tan poco tiempo que literalmente no da tiempo a que se rompa la tensión superficial.



Figura 05



Ahora teníamos que abordar la parte más delicada de la investigación: ¿habría alguna manera de demostrar de forma inequívoca que nuestra hipótesis era correcta? Teníamos dos opciones: o hacernos con un lagarto Jesucristo y amaestrarlo para que fuera variando su velocidad mientras corría sobre el agua... o diseñar y construir un sucedáneo. Tras darle un montón de vueltas y gastar mucho papel, finalmente construimos una maqueta que pretende emular el comportamiento del basilisco, y de ahí su nombre: Robot...silisco (Imagen 5). En esencia nuestra creación consta de un motor eléctrico capaz de mover a gran velocidad un sistema que simula las dos patas del lagarto. La velocidad de las patas es fácil de controlar, regulando el potencial de la corriente que llega al motor. Éste está situado en un recipiente estanco para evitar que se moje. El resto del robot no es más que *atrezzo* para que se parezca a nuestro prota-

Figura 06





gonista. Para limitar el movimiento del Robotsilisco, decidimos fijarlo a un eje, de manera que estuviese obligado a moverse en círculos en el interior de una piscinita de bebé que contiene una altura de agua de entre 8 y 10 cm (Imagen 6).

En principio, cuando el Robotsilisco no mueve las patas, como es más denso que el agua permanece hundido como muestra la imagen. Cuando conectamos el motor, las patas empiezan a moverse; mientras el potencial es bajo, las patas se mueven con poca velocidad, y el robot más que andar, chapotea. Al aumentar el potencial de la corriente, hacemos que las patas se muevan rápidamente, de manera que el robot corre velozmente sobre el agua.

Las conclusiones de nuestra investigación han sido:

- El diseño y construcción del Pegajosímetro nos ha posibilitado medir la tensión superficial para cualquier líquido. En el caso del agua, hemos encontrado un valor experimental de 0,0079 N/m. Si comparamos este valor con el real (0,0072 N/m), podemos concluir que el sistema permite realizar medidas de tensión superficial con bastante fiabilidad.
- Hemos puesto de manifiesto que para el agua la tensión superficial es una interacción de carácter relativamente débil, y por ello, incapaz en principio de sostener el peso del basilisco.
- El diseño y construcción del Robotsilisco (maqueta que simula el comportamiento de un basilisco cuando se desplaza sobre el agua) nos ha permitido demostrar que éste es capaz de andar sobre el agua debido a que el movimiento de sus patas es tan rápido, que el contacto entre la pata y el líquido no dura lo suficiente como para que llegue a romperse la tensión superficial. Con esto hemos demostrado nuestra hipótesis original.

AGRADECIMIENTOS

- A Antonio Herrera, profesor del Tecnología del IES Botánico, por su ayuda y consejos a la hora de diseñar y construir las maquetas.
- A Conchi Sánchez, por el magnífico trabajo gráfico que hizo para nosotros.
- A Pili, Marta, Alicia, Luis, Rafa y Aina. Sin ellos no habría sido posible este trabajo.

Lagarto, lagarto (Diseño y construcción de maquetas que, de forma novedosa, ayudan a entender qué es la tensión superficial y justifican por qué el basilisco puede andar sobre el agua)



BIBLIOGRAFÍA

National Geographic (2007), “Jesus Christ Lizard”, *Youtube*, [en línea], disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=45yabrnrYXk>, [consultado el 14/01/2017].

Wikipedia (2004), “Tensión superficial”, *Wikipedia*, [en línea] disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Tension_superficial, [consultado el 11/02/2017].

Franco García A. (2010), “Física con ordenador. Tensión superficial”, [en línea], disponible en: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/tension/introduccion/introduccion.htm>, [consultado el 8/03/2017].

LINKS:

[Vídeo explicativo 30º Certamen Jóvenes Investigadores](#)

the 1990s, the number of people with a mental health problem has increased in the UK (Mental Health Act 1983, 1990).

There is a growing awareness of the need to improve the lives of people with mental health problems. The Department of Health (1999) has set out a strategy for mental health care in the UK. The strategy is based on the following principles:

- People with mental health problems should be treated as individuals.
- People with mental health problems should be given the opportunity to participate in decisions about their care.
- People with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes.

The strategy also states that people with mental health problems should be given the opportunity to live in their own homes. This is a key principle of the strategy and is reflected in the following text:

...the government is committed to ensuring that people with mental health problems are given the opportunity to live in their own homes. This is a key principle of the strategy and is reflected in the following text:

...the government is committed to ensuring that people with mental health problems are given the opportunity to live in their own homes. This is a key principle of the strategy and is reflected in the following text:

...the government is committed to ensuring that people with mental health problems are given the opportunity to live in their own homes. This is a key principle of the strategy and is reflected in the following text:

...the government is committed to ensuring that people with mental health problems are given the opportunity to live in their own homes. This is a key principle of the strategy and is reflected in the following text:

...the government is committed to ensuring that people with mental health problems are given the opportunity to live in their own homes. This is a key principle of the strategy and is reflected in the following text:

...the government is committed to ensuring that people with mental health problems are given the opportunity to live in their own homes. This is a key principle of the strategy and is reflected in the following text:



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la UNED, a los miembros del jurado: Susana Alemany de la Peña, Carmen Bermúdez Rojas-Marcos, Marion Reder Gadow, Juan José León García, José Luis Montañés García, Rafael Prieto Lacaci, Mercedes Salaíces Sánchez, Gonzalo Trancho Gayo, Federico Morán Abad; a los evaluadores científicos: M^a Carmen Risueño Almeida, Benjamín Sánchez Gimeno, José Luis Viejo Montesinos, Eva Parga-Dans, Pablo Alonso González, Pilar Carral González, Jesús Martínez Frías, Raquel Arguedas Sanz, Julio González Arias, Esther López Martín, Patricia López Pelaéz, Purificación Fernández Rodríguez, Helena Guzmán García, Jacinto Rivera de Rosales Chacón, Eduardo Sánchez Villaseñor, M^a Pilar Mera Costas, Constanza Nieto Yusta, Marina Dolores Alfonso Mola, Francisco Javier Andreu, Francisco Javier Muñoz Ibáñez, Enrique Cantera Montenegro, M^a Rosario Heras Celemín, Ricardo Vergaz Benito, Juan Carlos García Orden, Gracia Esther Martín Garzón, Domingo Giménez Cánovas, María del Carmen Sanz Miguel, Amelia Ferro Sánchez, María Jesús Alonso Gordo, María Carmen Pérez-Llantada Rueda, Mar Gómez Gallego, Federico Mompean García, Guillermo Reglero; y a los coordinadores del 30º Certamen de Jóvenes Investigadores, en especial a Almudena Canal Martínez, Marina González Fernández, Carmen Bermúdez Rojas Marcos, Fernando José de Hipólito Ruiz, M^a Dolores Navarro Guijarro, Tania Minguela Álvaro, Luis Caballero García y Fernando González-Frías Carrió, entre otros.

Y a todos los autores de los textos y conferenciantes que han participado en el certamen a lo largo de su historia.

ACTAS DEL 30º CONGRESO DE JÓVENES INVESTIGADORES



Colaboran:

