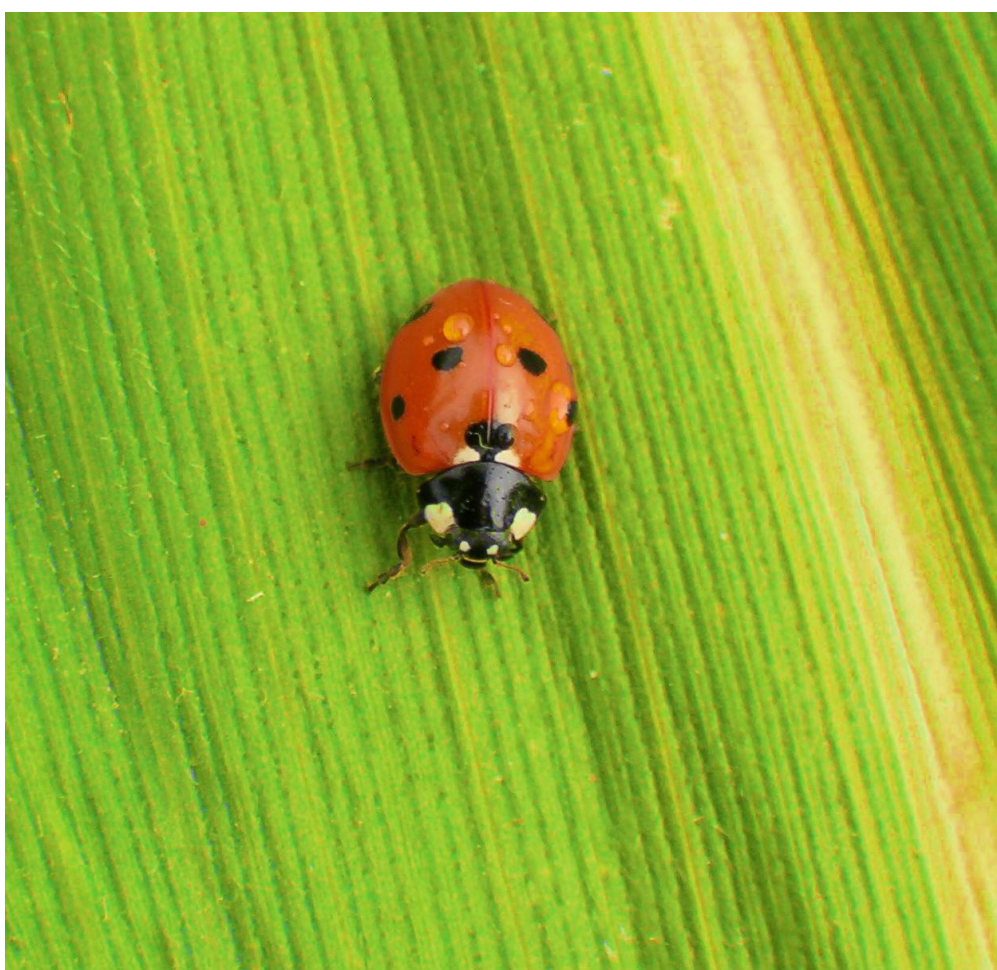


# Encuentros en la **b**iología



30 años de Encuentros en la  
Biología

Historia de la Zoología

La varita mágica

Vol XVI | No 185  
INVIERNO | 2023

ENCUENTROS EN LA BIOLOGÍA  
Revista de divulgación científica  
Indexada en *Dialnet*

**Entidad editora:**

Universidad de Málaga. EDITADA CON LA COLABORACIÓN DE LA UNIDAD DE IGUALDAD DE GÉNERO DE LA UMA, DEL INSTITUTO DE HORTOFRUTICULTURA SUBTROPICAL Y MEDITERRÁNEA “LA MAYORA” (IHSM-UMA-CSIC) Y EL DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

Depósito legal: MA-1.133/94

ISSN (versión electrónica): 2254-0296

ISSN (versión impresa): 1134-8496

**Periodicidad:**

4 NÚMEROS ORDINARIOS (TRIMESTRALES) Y AL MENOS  
1 NÚMERO EXTRAORDINARIO MONOGRÁFICO AL AÑO

**Correspondencia a:**

JUAN ANTONIO PÉREZ CLAROS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
29071 - MÁLAGA  
[JOHNNY@UMA.ES](mailto:JOHNNY@UMA.ES)

EQUIPO EDITORIAL

DIRECTOR

- Juan A. Pérez Claros  
[johnny@uma.es](mailto:johnny@uma.es)  
Paleontología  
*Edición Digital*

COMITÉ EDITORIAL

- A. Victoria de Andrés Fernández  
[deandres@uma.es](mailto:deandres@uma.es)  
Biología animal aplicada  
*Ciencia Sin Límites*
- Elena Bañares España  
[elbaes@uma.es](mailto:elbaes@uma.es)  
Biología vegetal
- Juan José Borrego García  
[jjborregouma.es](mailto:jjborregouma.es)  
Microbiología
- Rafael Antonio Cañas Pendón  
[rcanas@uma.es](mailto:rcanas@uma.es)  
Biología celular,  
molecular y genética
- M. Gonzalo Claros  
[claros@uma.es](mailto:claros@uma.es)

Biología celular,  
molecular y genética  
*Escribir bien no cuesta  
trabajo. Anecdotario  
científico*

- Juan Carlos Codina  
[jccodina@uma.es](mailto:jccodina@uma.es)  
Microbiología  
*Coordinación y difusión  
(Educación Secundaria)*
- José Córdoba Caballero  
[josecordoba@uma.es](mailto:josecordoba@uma.es)  
Biología celular,  
molecular y genética  
*Diseño y maquetación*
- Belén Delgado Martín  
[belendm@uma.es](mailto:belendm@uma.es)  
Biología celular,  
molecular y genética  
*Diseño y maquetación*
- Ana Grande Pérez  
[agrande@uma.es](mailto:agrande@uma.es)  
Biología celular,  
molecular y genética  
*Jóvenes científicos.  
Mujeres STEM UMA*
- Beatriz Martínez Poveda  
[bmpoveda@uma.es](mailto:bmpoveda@uma.es)

Biología celular,  
molecular y genética

- Miguel Á. Medina Torres  
[medina@uma.es](mailto:medina@uma.es)  
Biología celular,  
molecular y genética
- Paul Palmqvist Gomes  
[paulpg21@gmail.com](mailto:paulpg21@gmail.com)  
Biología animal
- Luis Rodríguez Caso  
[caso@eelm.csic.es](mailto:caso@eelm.csic.es)  
Biología vegetal  
*Calidad y difusión*
- Elena Rojano Rivera  
[elenarojano@uma.es](mailto:elenarojano@uma.es)  
Biología celular,  
molecular y genética  
*Coordinación. Diseño y  
maquetación*
- Héctor Valverde Pareja  
[hvalverde@uma.es](mailto:hvalverde@uma.es)  
*Edición Digital*
- Enrique Viguera  
[eviguera@uma.es](mailto:eviguera@uma.es)  
Biología celular,  
molecular y genética
- Patricia Zarza Herrero  
[pzherrero03@uma.es](mailto:pzherrero03@uma.es)

Biología celular,  
molecular y genética  
*Coordinación y difusión  
(Alumnos)*

COMITÉ CIENTÍFICO

- Antonio Diéguez Lucena  
[dieguez@uma.es](mailto:dieguez@uma.es)  
*Filosofía de la ciencia.  
Epistemología*
- Juan Antonio Guadix Domínguez  
[jaguadix@uma.es](mailto:jaguadix@uma.es)  
Biología animal
- María Rosa López Ramírez  
[mrlopez@uma.es](mailto:mrlopez@uma.es)  
Astrobiología

COMITÉ EDITORIAL DE HONOR

- Salvador Guirado Hidalgo  
[guirado@uma.es](mailto:guirado@uma.es)  
Biología Celular
- Esteban Domingo  
[edomingo@cbm.uam.es](mailto:edomingo@cbm.uam.es)  
Evolución de virus
- Gonzalo Álvarez Jurado  
[g.alvarez@usc.es](mailto:g.alvarez@usc.es)  
Genética

## *La portada*

---



En este último día del invierno y con motivo de dar la bienvenida a la primavera, hemos seleccionado para la portada una fotografía realizada por uno de los editores de Encuentros en la Biología. En ella, Rafael Cañas nos muestra a la mariquita de siete puntos (*Coccinella septempunctata*). Esta es una de las más comunes en Europa y destaca por ser una incansable controladora natural de plagas al mostrar un apetito devorador por los pulgones. Uno de los mayores éxitos en utilización de agentes biológicos para el control de plagas se produjo a finales del siglo XIX, con la introducción en California de la mariquita australiana *Rodolia cardinalis*, la cual puso coto a la infestación descontrolada de cítricos por parte del himenóptero *Icerya purchasi*.

## Índice

Editorial	4
La imagen comentada	5
La doble cara de la doble hélice	6
Veneno de dragón	10
Mujeres STEM@UMA	12

---

---

---

## *Editorial*

---

Os presentamos de nuevo otro número de Encuentros a pesar de que seguimos sin poder distribuirlo mediante nuestro cauce natural. Tal y como he indicado en otros editoriales, nuestro portal *web* sufrió un ataque al denunciar la guerra de Ucrania y su reparación aún no ha sido posible. Avanzamos hacia otra primavera, estación en que la vida, que es el objeto genuino de la presente publicación, sale de su letargo y deja atrás los días fríos que tuvo que capear de la mejor manera posible. Con esta reflexión quiero aprovechar para intentar animar a todos aquellos que están postergando el envío de alguna contribución a Encuentros a que se animen y que con la llegada de la primavera materialicen la realización del mismo. Seguro que va a ser muy bienvenido. Soy el primero en comprender que todos estamos enfrascados en nuestra vida académica y que ésta no sólo es por sí misma absorbente, sino que no para de complicarse... a cualquier nivel. Como estudiante están las clases, excursiones, evaluaciones continuas y -cómo no- el estudio más o menos regular de las materias recibidas.

Como becario de investigación, pre o postdoctoral no sólo hay que obtener resultados sino publicarlos a la mayor brevedad posible. Pero es que incluso cuando te estabilizas profesionalmente la situación sigue pidiéndote cada vez más esfuerzos; entre ellos, la adaptación a un entorno cada vez más hostil por burocratizado. No se puede obviar que profesores e investigadores (incluso los alumnos) están sufriendo un verdadero acoso burocrático. Incluso recibimos a diario un aluvión de correo electrónico vacuos que se podría catalogar de verdadero *spam* institucional. Aún así, os pido un hueco para que os sentéis y materialicéis una aportación a nuestra revista. Al igual que la vida necesita de nutrientes para poder subsistir, la revista se nutre del trabajo de todos vosotros, sin el cual no podemos seguir adelante. Esta es una obra bella que merece ser preservada, espero vuestra colaboración para que el proyecto continúe.

Juan Antonio Pérez Claros

---

## *La imagen comentada*

---



Crédito de la imagen: M.<sup>a</sup> del Mar Roca Alonso.  
Observadores : Juan Ignacio Álvarez y María del Mar Roca.  
Cámara: COOLPIX P900 NIKON

### **Lanzándose a volar**

El 1 de diciembre de 2022 nos propusimos hacer una ruta circular por la Sierra Gorda de Loja (Granada), con idea de observar, entre otros, a los mirlos capiblanco (*Turdus torquatus*). A pesar del fuerte viento reinante, la ruta fue muy satisfactoria por la variedad de especies observadas. Disfrutamos de los mirlos capiblanco en varias tonalidades, un pequeño grupo de escribanos

cerillos (*Emberiza citrinella*) y zorzales reales (*Turdus pilaris*), entre las especies más destacadas. De regreso por el carril, pudimos ver desde el coche lo que apuntaba a una rapaz de gran porte. Nos intentamos acercar y efectivamente se trataba de la majestuosa águila real (*Aquila chrysaetus*). Ella también nos vio, por lo que solo pude fotografiar parte de su despegue, aunque lo suficiente como para apreciar su imponente potencia muscular.

M.<sup>a</sup> del Mar Roca Alonso  
Licenciada en Biología  
Técnica de formación para el empleo

---

## LA DOBLE CARA DE LA DOBLE HÉLICE

por MARÍA SUERO

M.SC CLINICAL TRANSLATIONAL RESEARCH. SYSTEMS BIOLOGY IRELAND. DUBLIN, IRELAND

MASUSANJ@GMAIL.COM

**Resumen:** “La doble hélice” es un relato de James Watson, publicado en 1968, donde describe la serie de sucesos e hitos que llevaron al descubrimiento de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN), la “molécula de la vida”. El Premio Nobel de Fisiología y Medicina fue otorgado a James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins unos años antes de que James Watson publicara sus memorias. Sin embargo, ahí no acaba la historia. Esta reseña es un breve comentario sobre el libro y la verdad detrás del Premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1962.

**Abstract:** “*The Double Helix*” is a book written by James Watson in 1968, where he depicts the series of events and breakthroughs that led to the discovery of the structure of deoxyribonucleic Acid (DNA), the “molecule of life”. A few years before the book was published, the Nobel Prize in Physiology and Medicine was awarded to James Watson, Francis Crick and Maurice Wilkins. However, this story has more to it than that. This review is a short comment on the book and the story behind the Nobel Prize in Physiology and Medicine of 1962.

Palabras clave: ADN, rayos X, estructura, Watson, Crick, Franklin.

Keywords: DNA, X-ray crystallography, structure, Watson, Crick, Franklin.

“La doble hélice” es un relato con muchos entresijos. Desde su publicación (en 1968), este libro y su autor han creado gran controversia. Pero dejemos el contexto de lado durante estos primeros párrafos. En este libro conocemos a James Watson, relatando a posteriori sus memorias de su tiempo en Cambridge como joven investigador. Desde las primeras páginas, se vislumbra su objetivo de demostrar ser merecedor del gran reconocimiento que ha obtenido desde que se le otorgó el premio Nobel. Tras la lectura de la edición en español de “La doble hélice” publicada en la Biblioteca Científica Salvat (1987), he de decir que resulta una lectura agradable conocer cómo era el día a día en la universidad de Cambridge, una de las más prestigiosas instituciones de investigación entonces y hoy.

En los años 50, la única manera de visualizar el ADN era mediante cristalografía de rayos X. De hecho, esto es a lo que mandó el profesor Salvador Luria a Watson (por aquel entonces estudiante de doctorado) a aprender a Cambridge. Sin embargo, perfeccionar esta técnica no es precisamente una tarea fácil. En su intento por aprender difracción de rayos X, Watson también trabajó con Max Perutz (premio de Nobel de Química en 1962), a quien confesó que “ignoraba lo relativo a la difracción de rayos X”. A continuación, añade: “no entendía nada de lo que me decía Max. Desconocía incluso la ley de Bragg, el principio más básico de la cristalografía”. Por supuesto, lo más fácil era usar los resultados de otras personas...



**Figura 1.** Alegoría de la caverna, de Platón, grabado de Jan Saenredam (1604).

Pero no nos adelantemos. Una vez en Europa, Watson acudió a una conferencia, donde básicamente los científicos teorizaban cómo podría ser la estructura del ADN. La mayoría de las hipótesis propuestas apuntaban a una estructura muy regular y sencilla. De hecho, me llamó mucho la atención cómo describe Watson esta y otras conferencias sobre la posible estructura del ADN: “gran parte de las conferencias sobre estructura tridimensional de proteínas y ácidos nucleicos era pura palabrería”. Esta frase me llevó a preguntarme cuántas de las nociones científicas que ahora tomamos por ciertas serán equivocadas. Es innegable que cualquier hipótesis que se formule, puede reafirmarse o refutarse en base a una serie de experimentos, datos y observaciones. Sin embargo,

esto no niega la posibilidad de que se hayan pasado por alto otros aspectos que podrían hacer que un estudio esté incompleto.

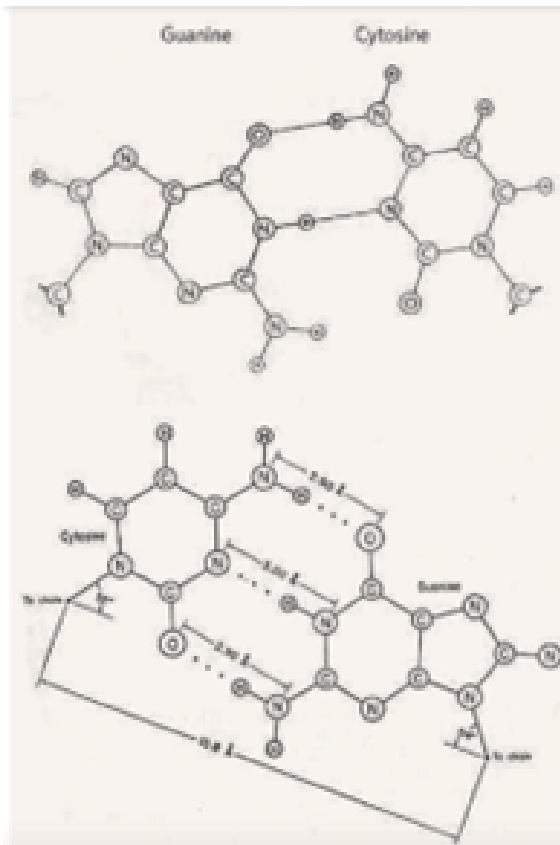
Para ejemplificar mi argumento, tomemos **el mito de la caverna** (Figura 1). Sócrates pide a Platón que imagine a un grupo de prisioneros encadenados desde su infancia detrás de un muro, dentro de una caverna, donde un fuego ilumina al otro lado del muro. Lo único que ven los prisioneros son las sombras de gente que pasa por detrás. Los prisioneros creen que lo que observan es el mundo real, sin darse cuenta de que son solo las apariencias de las sombras. Cuando uno de los prisioneros se libera de sus cadenas y observa la luz del fuego más allá del muro, Sócrates propone que este es el primer paso en la adquisición de conocimiento.

En el caso del estudio de la estructura tridimensional de proteínas y ácidos nucleicos, antes de poder hacer estudios de difracción de rayos X, se interpretaban sombras en una pared. Mientras que los estudios posteriores revelaron la realidad a nivel molecular. ¿Cuántas sombras vemos antes de revelar la realidad en ciencia, cuántos campos resultan ahora meras sombras en una pared hasta que por fin podamos entenderlos con claridad?

Incluso durante el relato se manifiestan interpretaciones dispares de la estructura en base a los datos experimentales entonces disponibles. Rosalind Franklin sostenía una estructura completamente distinta en base a sus mediciones. Watson y Crick admitieron cuán justificada era la afirmación de la científica de que “la cadena de azúcar fosfato estaba en el exterior de la molécula”. De hecho, el modelo propuesto en 1953 ilustraba dos enlaces de hidrogeno entre citosina y guanina en vez de tres, aunque ahora sepamos que esto es erróneo (Figura 2).

Pero la pregunta es: ¿Cómo nació este interés en descifrar la estructura del ADN? Watson, intrigado por estas hipótesis y puzzles, se vio fascinado y decidió empezar a trabajar para Sir Lawrence Bragg, el padre fundador de la difracción de rayos X. Precisamente esta decisión, le llevó a conocer al físico Francis Crick, que más adelante compartiría su visión sobre la importancia de descifrar la estructura del ADN, además de ser un individuo muy inteligente. Pero no era todo por amor al arte, de hecho existía una gran competitividad por descifrar este enigma de la doble hélice. En esa época, el famoso químico, Linus Pauling del *California Institute of Technology* también perseguía ganar un premio Nobel (al final, ganaría dos: el de Química en 1954 y el de la Paz en 1962). También se interesaron por la estructura del ADN Maurice Wilkins y su asistente Rosalind Franklin.

Sin embargo, Watson no solo se dedicó al estudio de los ácidos nucleicos, sino que también pasó una parte importante de aquel tiempo estudiando el virus del mosaico del tabaco (VMT). Más tarde, como él mismo describe, lo convierte en una tapadera para continuar estudiando ácidos nucleicos, aunque en el caso del VMT estudiase el ARN en lugar del ADN. Otro hito, quizá menos relevante en la historia de la ciencia, pero esencial, es el descubrimiento de Watson mediante rayos X de que el VMT poseía una estructura helicoidal. Adicionalmente, cabe destacar que la teorización y demostración de la doble hélice, no habría sido posible si años antes no se hubieran probado las reglas de Chargaff en preparados de ADN para demostrar la complementariedad de las bases nitrogenadas (A-T y C-G) en distintas especies de erizo de mar (Figura 3).



**Figura 2.** La estructura superior ilustra el modelo propuesto en 1953, en su libro, Watson expone que se consideró la formación de un tercer enlace, pero la idea fue rechazada porque un estudio cristalográfico indicaba que dicho enlace sería débil y que “ahora se sabe que esta hipótesis es errónea”

TABLE II  
DNA of Different Sea-Urchin Genera  
Proportions in moles of nitrogenous constituent per mole of P in hydrolysate.

Source	No. of preparations	Constituent	Formic acid hydrolysis*			All analyses†		
			No. of hydrolyses‡	Mean proportion	Standard error	No. of hydrolyses‡	Mean proportion	Standard error
<i>Psammechinus miliaris</i>	1	Adenine	2	0.306	0.004	5	0.290	0.007
		Guanine	2	0.167	0.002	5	0.163	0.003
		Cytosine	2	0.167	0.002	2	0.167	0.002
		Thymine	2	0.300	0.001	2	0.300	0.001
<i>Paracentrotus lividus</i>	2	Adenine	5	0.311	0.003	9	0.303	0.006
		Guanine	5	0.168	0.003	9	0.162	0.003
		Cytosine	5	0.164	0.001	6	0.159	0.005
		Thymine	5	0.304	0.003	6	0.299	0.005
<i>Echinocardium cordatum</i>	2	Adenine	6	0.317	0.006	11	0.300	0.007
		Guanine	6	0.164	0.003	11	0.159	0.002
		Cytosine	6	0.173	0.002	6	0.173	0.002
		Thymine	6	0.310	0.006	6	0.310	0.006
<i>Arbacia lixula</i>	2	Adenine	5	0.294	0.003	9	0.282	0.005
		Guanine	5	0.180	0.002	9	0.175	0.002
		Cytosine	5	0.181	0.003	5	0.181	0.003
		Thymine	5	0.287	0.004	5	0.287	0.004

Figura 3. Tabla extraída de la publicación original de Chargaff en 1951 donde se observa la proporción de bases nitrogenadas en distintas especies de erizos de mar.

El aspecto más llamativo de la narrativa de Watson es su descripción de los sucesos que tuvieron lugar con R. Franklin, a la cual se refiere como “Rosy”. No es un secreto hoy en día la controversia que existe con el hecho de que la publicación de Watson y Crick incluyera datos de R. Franklin. Durante todo el libro, Watson describe a esta gran científica como una persona brillante, pero también testaruda y orgullosa. Sin embargo, en el libro Watson reconoce claramente que se reunieron tanto con Franklin como con su jefe, previamente a la publicación de Watson y Crick. Tras leer este relato, mi impresión es que tanto Watson como Crick, no respetaron lo suficiente a Franklin. Su visión era acertada, por supuesto, pero creo que no se comportaron como quieren hacer creer al público. De hecho, a pesar de que la idea era de ellos, la experta en cristalografía era Franklin y fue gracias a sus resultados, que Wilkins compartió (sin el permiso de Franklin) con Watson y Crick, como pudieron construir y proponer un modelo.

Cuando en el libro Watson relata cómo Crick y él teorizan que la estructura puede ser una doble hélice y se embarcan en probarlo, el autor reconoce que las fotografías de difracción de rayos X del ADN de Maurice (de Franklin), mucho mejores que las suyas propias, podrían ahorrarles “entre seis meses y un año de trabajo”. Pero, como Watson escribe en su libro, “No podíamos rehuir el fastidioso detalle de que esas fotos le pertenecían a él”. En el proceso de convencer a Wilkins de sus teorías centraron sus conversaciones en “Rosy Franklin”, cuya relación con Wilkins era desastrosa. Sin embargo, los resultados que esta brillante mujer había obtenido resultaban claves en la investigación. A pesar de ello, es aparen-

te que no Watson no apreciaba personalmente a la científica, describiéndola como “obstinada”. Aunque descifrar la estructura helicoidal de la doble cadena requirió la intervención de sus mentes ingeniosas, no cabe lugar a duda que eran conscientes de los atajos que estaban tomando. Watson describe que, según su punto de vista, “detrás del barullo que habíamos armado sobre la construcción de modelos, se escondía una aproximación seria a la ciencia, no el recurso fácil de unos vagos que pretendían eludir el duro trabajo necesario para una honrada carrera científica”. Aunque existió una comunicación directa con Maurice Wilkins y un respeto por su posición en Cambridge, no mostraron el debido respeto por la labor de la cristalógrafa Franklin. De hecho, el autor describe una situación tensa entre ambos en la que le acusó de ser “una incompetente en la interpretación de fotografías de rayos X” y confiesa que su encuentro con Rosy “hizo que Maurice se mostrara más abierto de lo que le había visto nunca”, ya que -según él- ahora podía “comprender el infierno emocional en el que vivía desde hacía dos años” Esto fue clave para que Wilkins pasara a colaborar con ellos, dejando de lado a la científica.

Aun así, no sabemos hasta qué punto podrían haber llegado a colaborar, igual nunca estará claro. Algo muy necesario y digno de mencionar es que en el libro el propio Watson expone que Franklin tuvo problemas con miembros de su laboratorio debido a su “comprensible necesidad de sentirse igual a las personas con las que trabajaba” y que ella se sentía “ofendida porque su extraordinaria capacidad cristalográfica no obtenía reconocimiento formal”. Es innegable que la escasez de mujeres científicas era



notable; de hecho, no era común que una mujer obtuviese un doctorado. Franklin se doctoró en 1945. Esto me lleva a cuestionar el comportamiento de Watson y Crick, pues sin las mediciones de Franklin no habrían conseguido descifrar la estructura del ADN. Sin embargo, no tuvieron la decencia de otorgar a Franklin el mérito al que era acreedora.

Dejando la controversia a un lado, en este libro también conocemos a un joven James Watson relatando un descubrimiento que cambió la investigación y el estudio de la biología molecular. Relata los sucesos fundamentales que protagonizó desde su llegada a Reino Unido procedente de Estados Unidos. El lector se adentra en la vida intelectual de la élite científica de la época en la prestigiosa Universidad de Cambridge. Una característica notable de su relato es la pasión que muestra a la hora de realizar experimentos y analizar datos. Es precisamente este deseo de resolver problemas lo que resulta inmensamente inspirador al lector, especialmente si quiere dedicarse a la investigación y ciencia. El autor nos cuenta que fue Maurice Wilkins quien- en una conferencia en Nápoles- despertó su interés por los ácidos nucleicos. Watson entonces disfrutaba con una beca postdoctoral para estudiar la composición bioquímica del ADN. Y a pesar de confesar al principio del libro que la química orgánica no era su fuerte, capítulos más tarde le encontramos obsesionado con el libro "*The Nature of the Chemical Bond*", de Linus Pauling.

Me parece inmensamente inspirador e interesante cómo relata Watson sus momentos de dificultades y dudas, momentos en los que "no sentía grandes deseos de volver al trabajo" o en los que a la hora de construir los modelos "tropezara con un muro de piedra", lo cual es un tema recurrente durante el libro e ilustra lo duro que es el mundo de la investigación. Aún así, no decepciona el libro en cuanto a transmitir la emoción de perseguir un descubrimiento científico: todas las emociones quedan recogidas en este relato. Sin embargo, esto no justifica los atajos que toma para poder conseguir sus objetivos de una manera casi maquiavélica. Aunque la audiencia simpatice con los científicos, existe una cuestión ética sobre la integridad de estas personas como investigadores. Sí, no hay nada más gratificante como investigador que poner tu nombre a un descubrimiento. Pero, ¿a qué precio? Es por tanto imperativo analizar críticamente el relato de Watson entendiendo el contexto.

Como reflexión final, personalmente me sentí muy identificada en cómo queda plasmado que grandes mentes lleguen a conclusiones erróneas reiteradamente pero esto conduzca a nuevas hipótesis, a nuevas ilusiones por llegar a la respuesta correcta. Esta perseverancia es la cualidad más importante en mi opinión no solo en una carrera científica sino en cualquier trabajo o proyecto personal. Como acertadamente dijo Beethoven: "El genio se compone del 2% de talento y del 98% de perseverancia".

## Referencias

1. Watson, J., 1987. La doble hélice. Barcelona: Salvat.
2. Chargaff, E., Lipshitz, R. and Green, C., 1952. COMPOSITION OF THE DESOXYRIBOSE NUCLEIC ACIDS OF FOUR GENERA OF SEA-URCHIN. *Journal of Biological Chemistry*, 195(1), pp.155-160.
3. Plato., Martínez Hernández, M., Pino Campos, L. and Santana Henríquez, G., 1997. Los mitos de Platón. [Tenerife]: Dirección General de Universidades e Investigación, Consejería de Educación, Cultura y Deportes, Gobierno de Canarias.
4. Wain-Hobson, S., 2006. The third Bond. *Nature*, 439(7076), pp.539-539.

## VENENO DE DRAGÓN

por SUSANA M<sup>a</sup> SANTAMERA DE LOS RIOS

GRADO EN BIOLOGÍA.

SUSANASANTAMERA@GMAIL.COM

Los dragones, esos seres mitológicos de naturaleza arcana con aspecto de lagarto gigante, lengua bífida y su característico aliento de fuego, fueron las criaturas que inspiraron el nombre común del *Varanus komodoensis*, el dragón de Komodo.

Durante mucho tiempo los científicos creyeron que sólo eran leyendas las historias que contaban los marineros sobre la existencia de dragones en Indonesia, hasta que se recogieron especímenes completos

a principios del siglo XX<sup>[1]</sup>. Definitivamente los dragones eran reales. Y aunque no se trataba de esas terroríficas criaturas que escupían fuego, no es de extrañar que los marineros confundieran a un reptil capaz de alcanzar hasta 3 metros de longitud con esos seres mitológicos.

Figura 1. Ejemplar de *Varanus komodoensis* en el Parque Nacional de Komodo, Indonesia. Autor Charles J. Sharp. Fuente Wikipedia.



**Figura 1.** Ejemplar de *Varanus komodoensis* en el Parque Nacional de Komodo, Indonesia. Autor Charles J. Sharp. Fuente Wikipedia.

Los dragones de Komodo no escupen fuego pero desde que se comenzaron a estudiar hubo indicios de que su mordedura no producía simplemente una herida. Se empezó a especular entonces con la posibilidad de que su boca fuese una “placa de Petri” cuyo contenido hacía que sus presas muriesen a causa de las bacterias, ya que se observó como los búfalos de agua, tras ser mordidos por un dragón de Komodo, fallecían por heridas que no sanaban y que se infectaban rápido, provocando la muerte del animal<sup>[2]</sup>. A partir de esa observación se elaboró la hipótesis de que su boca contenía bacterias virulentas que pudieran causar la muerte de sus presas.

Pasó mucho tiempo hasta que en 2006 el grupo de investigación del doctor Bryan J. Fry publicó<sup>[3]</sup> un estudio en el cual se mostraba que había un único origen del veneno en el Orden Squamata y que posiblemente hubiera sido un factor clave en la radiación adaptativa y posterior éxito ecológico de lagartos. En dicho estudio ya se habla sobre los síntomas de envenenamiento de tres mordeduras de varanos bajo cuidado humano (entre ellas la de un dragón de komodo), y como cada una de ellas resultó en hinchazón rápida, mareos, interrupción localizada de la coagulación de la sangre y dolor desde el dígito afectado hasta el codo. Algunos de estos síntomas duraron

horas. Destaca el comentario que hacen sobre estas mordeduras: “La rapidez y patología son coherentes con las secreciones bioactivas en lugar de la infección bacteriana”.

Desde hace siglo y medio se debatía sobre si la mordedura de *Heloderma horridum* era venenosa, por lo que aunque sorprendente, la confirmación de que este género (*Heloderma*) poseía veneno no fue inesperado<sup>[4]</sup>. Sin embargo, al partir de la hipótesis de “bacterias como veneno”, el descubrimiento de que el dragón de Komodo fuese un animal venenoso chocó con lo que se creía cierto en ese momento. Sobretudo porque no se había demostrado la existencia de las glándulas de veneno ni se había conseguido aislar el veneno.

Posteriormente, en 2009, el doctor Fry y su equipo publicó<sup>[5]</sup> el primer estudio multidisciplinar que analizaba en profundidad la mordida del dragón de Komodo. En este estudio se desveló dónde se encontraban las glándulas de veneno y que poseían un veneno con componentes similares a los encontrados en ofidios cuyos venenos causan coagulopatía, hipotensión, hemorragia y shock. Las glándulas de veneno que poseen los dragones de Komodo son complejas: el veneno se almacena en cinco compartimentos glandulares en la mandíbula inferior, para posteriormente viajar a través de conductos separados para ser liberado entre los dientes. En el mismo estudio se postuló que la flora oral del dragón de Komodo era una adquisición pasiva y reflejaba la flora bacteriana de las presas que componen su dieta.

A pesar de contar con estos hechos, hubo perso-

nas que no querían dejar ir el mito de “bacteria como veneno” y afirmaban que esos hechos “no tenían sentido, eran irrelevantes, incorrectos o que inducían a equivocación”<sup>[6]</sup>.

Para comprobar lo que postuló el doctor Bryan G. Fry y su equipo sobre la flora oral del dragón de Komodo, el doctor Goldstein y su equipo al realizaron un estudio en 2013<sup>[7]</sup> que analizó la flora oral de dragones de Komodo bajo cuidado humano y en distintas instituciones zoológicas. Se analizó la flora oral de un total de 10 ejemplares adultos y 3 juveniles. El análisis mostró que la flora oral de los dragones de Komodo estudiados mostraba flora de la piel y del contenido intestinal de sus presas, y también organismos comunes que se encuentran en la tierra o la vegetación. Se encontraron algunos organismos patógenos oportunistas, que son de baja virulencia, por lo que se concluyó que no tienen un rol primario que pueda causar la muerte rápida de una presa. Otro dato interesante aportado por este estudio fue que no se encontró ningún patógeno común a todos los dragones que pudiera considerarse parte de un mecanismo evolutivo en el que el dragón de Komodo pudiera confiar para capturar presas. Quedó demostrado que al igual que los dragones no escupen fuego, estos animales no cazan únicamente gracias a la flora bacteriana de su boca, ya que todo apunta a que esta es una adquisición secundaria, sino que estos grandes varanos poseen complejas glándulas de veneno entre los dientes que secretan un veneno capaz de ayudarles a dar caza a sus presas.

## Referencias

- [1] Ouwens, P. A. (1912). On a large *Varanus* species from the island of Komodo. *Bulletin du Jardin botanique de Buitenzorg*, 6(2), 1-3.
- [2] Auffenberg, W. (1978). Social and feeding behavior in. In i (pp. 301-331). US Department of Health, Education, and Welfare.
- [3] Fry, B. G., Vidal, N., Norman, J. A., Vonk, F. J., Scheib, H., Ramjan, S. F., ... & Kochva, E. (2006). Early evolution of the venom system in lizards and snakes. *Nature*, 439(7076), 584-588.
- [4] Shufeldt, R. W. (1891). The poison apparatus of the *Heloderma*. *Nature*, 43(1118), 514-515.
- [5] Fry, B. G., Wroe, S., Teeuwisse, W., van Osch, M. J., Moreno, K., Ingle, J., ... & Norman, J. A. (2009). A central role for venom in predation by *Varanus komodoensis* (Komodo Dragon) and the extinct giant *Varanus* (*Megalania*) *priscus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(22), 8969-8974.
- [6] Kurt Schwenk citado en Zimmer C. (Mayo 18, 2009). Chemicals in Dragon's Glands Stir Venom Debate. *The New York Times*.
- [7] Goldstein, E. J., Tyrrell, K. L., Citron, D. M., Cox, C. R., Recchio, I. M., Okimoto, B., ... & Fry, B. G. (2013). Anaerobic and aerobic bacteriology of the saliva and gingiva from 16 captive Komodo dragons (*Varanus komodoensis*): new implications for the “bacteria as venom” model. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 262-272.

## Mujeres STEM@UMA

Os presentamos a las investigadoras doctoras del Área de Fisiología Animal, del Departamento de Biología Celular Genética y Fisiología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga que realizan investigaciones en campos tan interesantes como son la neuroinflamación, la neuroinmunología del sistema inmunitario innato y del adaptativo, la regeneración tisular, las respuestas inmunológicas contra fármacos y contra el cáncer, y la respuesta endocrina.



*Unidad para la Igualdad  
entre mujeres y hombres*

### *Investigación en Fisiología Animal*



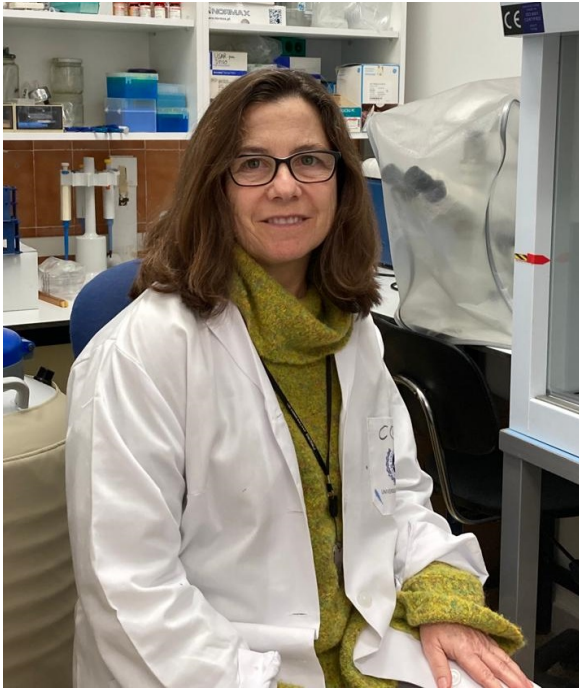
**Dra. Margarita Pérez Martín**

[marper@uma.es](mailto:marper@uma.es)

*Departamento de Biología Celular, Genética y Fisiología. Área de Fisiología, Universidad de Málaga, Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA)*

Licenciada en Biología (1993) y Doctora en Ciencias Biológicas (2000) por la Universidad de Málaga, es profesora titular en el Departamento de Biología Celular, Genética y Fisiología. Se inició en la investigación con una beca predoctoral FPI. Su carrera científica se ha enriquecido con estancias pre y postdoctorales en diversos

laboratorios de investigación: Laboratorio de Neuroendocrinología Celular y Molecular (Instituto Cajal CSIC, Madrid), Neural Regeneration Laboratory (Cornell University, Nueva York), Laboratoire de stress périnatal, (Université de Lille). Su trabajo está avalado por publicaciones científicas en revistas de prestigio y siempre financiado por proyectos de investigación. Es miembro de los grupos de investigación BIO217 “Biología y Fisiología Celular” y “Neuroinmunología y Neuroinflamación” (IBIMA). Ha desempeñado los cargos de Vicerrectora Adjunta de Servicios e Institutos de Investigación, Secretaria Académica de la Facultad de Ciencias y es Miembro de la Comisión Académica del Programa de Doctorado en Biotecnología Avanzada. Su actividad investigadora está dirigida a conocer la relación entre diferentes tipos de estrés psicosocial en el desarrollo de depresión, profundizando en los mecanismos neurobiológicos del estrés sobre el proceso neuroinflamatorio y la neurogénesis, así como la búsqueda de dianas terapéuticas para el tratamiento de los trastornos depresivos.



**Dra. María Dolores López Ávalos**

[lopezavalos@uma.es](mailto:lopezavalos@uma.es)

*Departamento de Biología Celular, Genética y Fisiología, área de Fisiología, Universidad de Málaga, Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA) – Neuroinflamación*

Licenciada en Ciencias Biológicas (1990), tras realizar su doctorado en la Universidad de Málaga (1995) desarrolló su formación post-doctoral durante 6 años en Estados Unidos (en el UMASS Medical Center, y en el Joslin Diabetes Center, Harvard University). En estos centros desarrolló investigaciones relacionadas con los mecanismos de glucosilación, utilizando levaduras como modelo, y posteriormente sobre la biología de las células beta pancreáticas con miras a su expansión y trasplante. En 2001 regresó a España y se incorporó a la UMA como profesora de Fisiología animal, en el Dpto. de Biología Celular, Genética y Fisiología. La mayor parte de sus investigaciones se han desarrollado en el campo de la neurociencia, y abarcan desde la neuroinflamación hasta la neurogénesis. En la actualidad se dedica a indagar en las consecuencias que los procesos neuroinflamatorios pueden tener a largo plazo sobre la función cerebral, utilizando para ello un modelo de doble insulto inflamatorio aplicado a roedores. Los procesos neuroinflamatorios severos pueden dejar una impronta en el sistema nervioso, una memoria inmunológica que condicionará la respuesta inmune innata ante nuevos estímulos, incluso aunque estos sean leves, de origen periférico, o distantes en el tiempo.



**Dra. Leonor Santos Ruiz**

[lsantos@uma.es](mailto:lsantos@uma.es)

*Departamento de Biología Celular, Genética y Fisiología (área de Fisiología) de la Universidad de Málaga; e Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA-Plataforma BIONAND).*

Licenciada en Ciencias Biológicas (1994), y Doctorada en Biología (2001) por la UMA. Formación postdoctoral en Italia (*Centro di Biotecnologie Avanzate*) y Reino Unido (*Istitute of Child Health-UCL*) financiada por una beca del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Volvió a España como investigadora de la Red de Terapia Celular y, posteriormente, fue investigadora senior del CIBER-BBN. Desde 2019 es profesora de Fisiología Animal en la UMA. Su objeto de estudio ha sido siempre la regeneración tisular. Su tesis doctoral, que obtuvo el Premio Extraordinario de Doctorado, versaba sobre los mecanismos celulares de la regeneración epimórfica, un fenómeno fascinante que permite a ciertos animales regenerar órganos o extremidades completos. Después transfirió sus conocimientos sobre Regeneración al área de la Medicina Regenerativa, con la finalidad de desarrollar terapias avanzadas (terapia celular e ingeniería tisular) para tratar patologías esqueléticas. Miembro del Banco de Expertos de la Agencia Estatal de Investigación (AEI), es evaluadora habitual de proyectos de investigación para la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, la propia AEI, y el *Ministero della Salute* (Italia). Es

participante habitual de eventos de divulgación científica como “Café con Ciencia”, y “La noche de los investigadores” y organizadora de *UniStem Day* en Málaga.

diagnósticas para la alergia a los antibióticos, concretamente a la amoxicilina y al ácido clavulánico. Estos estudios permitirán un diagnóstico más rápido y preciso sin exponer al paciente a ningún riesgo. Desde mediados de 2020 es profesora del área de fisiología en la Facultad de Ciencias de la UMA y compagina su carrera investigadora en IBIMA con su actividad docente.

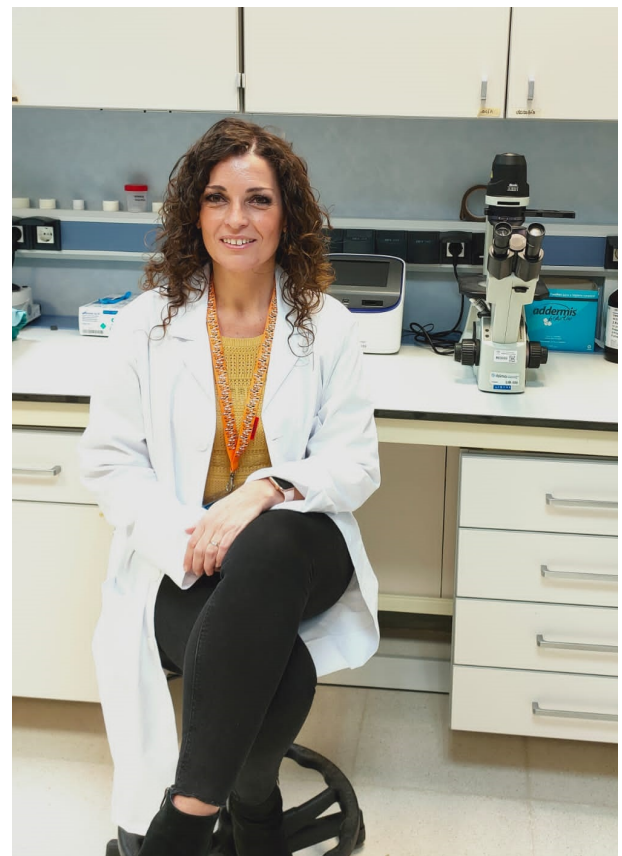


**Dra. Tahia Diana Fernández Duarte**

[tahiadfd@uma.es](mailto:tahiadfd@uma.es)

*Área de Fisiología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga-IBIMA – Alergia a antibióticos betalactámicos.*

Se doctoró por la Universidad de Málaga en 2008. En su tesis doctoral estudió los mecanismos implicados en el desarrollo de las reacciones a fármacos con manifestaciones cutáneas. Concretamente, su trabajo se basó en identificar el papel de las quimioquinas en el reclutamiento de los linfocitos hacia la piel. Durante su estancia postdoctoral de 3 años en el Instituto Pasteur de París, gracias a un contrato de la “Agence pour la Recherche Médicale”, profundizó en el estudio de la inducción de los linfocitos B memoria y de la producción de anticuerpos. Tras este periodo regresó al Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA) con un contrato Juan de la Cierva. En 2013 consiguió un contrato Ramón y Cajal que le permitió ser investigadora principal de varios proyectos y continuar con su línea de investigación sobre la mejora de las pruebas



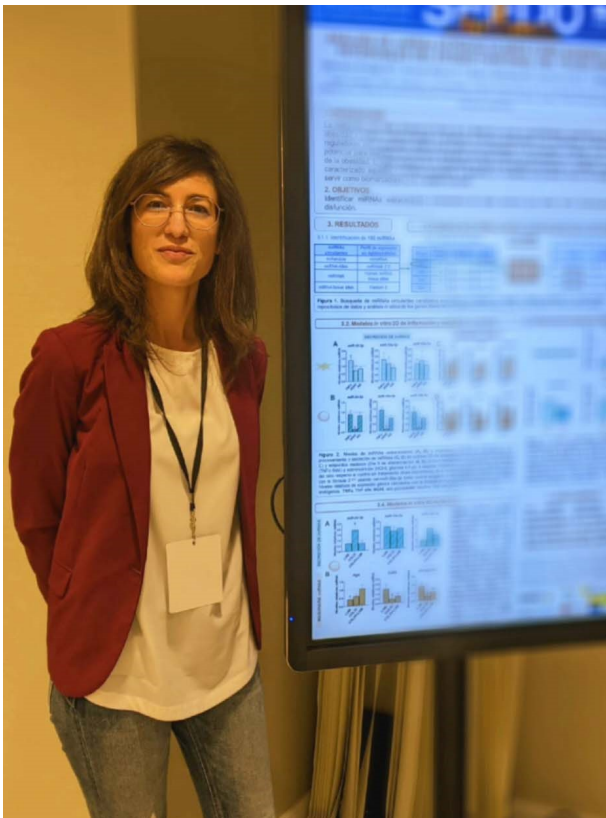
**Dra. Elisa M. Matas Rico**

[ematas@uma.es](mailto:ematas@uma.es)

*Departamento de Biología Celular, Genética y Fisiología, área de Fisiología, Universidad de Málaga, e Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA plataforma BIONAND) – Señalización celular y dianas terapéuticas en Cáncer*

Es Licenciada y Doctora en Biología por la Universidad de Málaga (UMA). Desarrolló su etapa postdoctoral en The Netherlands Cancer Institute (NKI) en Países Bajos hasta que en 2020 fue seleccionada por el programa Ramón y Cajal del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, lo que le permitió reincorporarse al Departamento de Biología Celular Genética y Fisiología de a la UMA. Desde 2021, Elisa es profesora del

área de Fisiología de este departamento e Investigadora Responsable del Grupo de Investigación Traslacional en Oncología Genitourinaria de IBIMA. Su carrera se ha centrado en el estudio de vías de señalización celular con un importante impacto clínico, lo que le ha permitido identificar moléculas reguladoras de los procesos de tumorigénesis, progresión y metástasis del cáncer. Actualmente el objetivo principal de su línea de investigación es identificar nuevos mecanismos de evasión de respuesta inmunitaria en el cáncer, con el fin de desarrollar nuevas terapias efectivas para el tratamiento de esta enfermedad. Su investigación está subvencionada por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Fundación Científica de la Asociación Española contra el Cáncer. Es miembro de la Asociación Española de Investigación sobre el Cáncer (ASEICA) y de la European Association for Cancer Research (EACR).



**Dra. Mercedes Clemente Postigo**

[mclemente@uma.es](mailto:mclemente@uma.es)

*Departamento Biología Celular, Genética y Fisiología. Área Fisiología Animal. Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga. Grupo A02-Obesidad, diabetes y sus comorbilidades, Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA-Plataforma Bionand). CIBERobn.*

*Línea de trabajo: Mecanismos fisiopatológicos de la obesidad y enfermedades metabólicas. Análisis de biomarcadores de la función del tejido adiposo y de respuesta a intervención para la pérdida de peso.*

Licenciada en Biología (2009) y Doctora en Biomedicina por la Universidad de Málaga (UMA; 2017), realizó su Tesis Doctoral con una ayuda FPU en el grupo Endocrinología Celular y Molecular del Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA) investigando los mecanismos fisiopatológicos de la obesidad y las enfermedades metabólicas, concretamente analizando la relación de la microbiota intestinal con la función del tejido adiposo blanco, y la respuesta a intervenciones para la pérdida de peso, incluyendo una estancia predoctoral en el Academic Medical Center (Amsterdam, Holanda). Con un contrato Juan de la Cierva (2019) se incorporó al área de Biología Celular de la Universidad de Córdoba, adscrita al grupo Adipobiología del Instituto Maimónides para la Investigación Biomédica de Córdoba, donde complementó su investigación sobre la obesidad con aproximaciones celulares y moleculares avanzadas en adipobiología. También realizó una estancia postdoctoral en el Turku PET Center (Turku, Finlandia) extendiendo sus estudios al tejido adiposo marrón. Actualmente lidera proyectos de investigación para la identificación de biomarcadores basados en ARN no-codificantes para el tratamiento personalizado de la obesidad. Desde 2022 es Profesora Ayudante Doctor del área de Fisiología Animal (Facultad de Ciencias, UMA), compaginando su labor docente con su actividad investigadora en IBIMA.



**Dra. Begoña Oliver Martos**

[begoliver@gmail.com](mailto:begoliver@gmail.com)

*Grupo de Neuroinmunología y neuroinflamación. Hospital Regional Universitario de Málaga. Instituto de Investigación Biomédica de Málaga – IBIMA. Departamento de Biología celular, Genética y*

---

*Fisiología. Área de Fisiología. Facultad de Ciencias.  
Universidad de Málaga.*

Investigadora principal en el grupo de Neuroinmunología y Neuroinflamación de IBIMA y profesora asociada en el departamento de Biología Celular, Genética y Fisiología. Es doctora por la Universidad de Málaga desde el 2008 y actualmente desarrolla una línea de investigación independiente centrada en el estudio de la respuesta a interferón tipo I en pacientes con enfermedades neurológicas, principalmente en esclerosis múltiple, pero también en otras enfermedades con base neuroinmunológica. Su objetivo es la traslación de la investigación a la clínica, mediante la identificación de nuevos bio-

marcadores diagnósticos, pronósticos y de respuesta a tratamiento, así como es desarrollo de nuevos fármacos. En 2017 fue seleccionada para realizar un programa de mentorización en el "Massachusetts Institute of Technology" (MIT), Boston (EEUU) y recibió un premio por el desarrollo de su proyecto de investigación. Es investigadora principal de proyectos nacionales e internacionales y su investigación ha generado 5 patentes, de las cuales 2 han sido licenciadas y han dado lugar a la creación de una start up. Actualmente, es coordinadora del área preclínica y traslacional de la red Andaluza de Investigación Clínica y traslacional en Neurología (Neuro-Reca).

---

---



## *Ámbito y política editorial*

La revista *Encuentros en la Biología* (ISSN 1134-8496) es una revista de divulgación científica con carácter interdisciplinar, está editada por la Universidad de Málaga y publica periódicamente (primavera, verano, otoño, invierno) aquellas contribuciones originales que se enmarcan en un ámbito de encuentro entre las ciencias biológicas y las demás fuentes de conocimiento científico; esto es, conocimiento testado experimentalmente y avalado al menos por una fuente primaria de documentación. Aceptará también la edición de biografías de autores relevantes, de reseñas de libros y trabajos especializados, de imágenes para la portada, la sección «La imagen comentada» y otras secciones especializadas, así como noticias, comunicaciones y eventos relacionados con la biología. La editorial valorará positivamente la contribución de los trabajos en un formato ameno y accesible para estudiantes y profesores de todas las áreas de la biología, al igual que la presentación de las últimas novedades científicas en este área.

*Encuentros en la Biología* es un foro de difusión abierto para todas aquellas personas que estén interesadas en enviar sus aportaciones. Las contribuciones así presentadas deberán ajustarse a la política editorial y a las normas que a continuación aparecen como «Instrucciones para los Autores». La revista se reserva el derecho a realizar cuantas modificaciones en forma y diseño estime oportunas.

## *Instrucciones para los autores*

1. Todas las contribuciones serán inéditas o contarán con la autorización expresa del organismo que posea los derechos para su reproducción, en cuyo caso la edición incluirá la referencia de su autoría. Los manuscritos recibidos podrían revisarse con medios técnicos para detección de plagios.
2. Cada contribución constará de un título, el nombre completo del autor o autores, su afiliación (institucional, académica o profesional) y correo electrónico. Para distinguir la afiliación de diferentes autores utilice símbolos (\*, †, ‡, §, ¶, etc.) después del nombre de cada uno.
3. El documento se puede enviar en formato txt, rtf, sww/odt (OpenOffice/LibreOffice), doc/docx (MS-Word) o tex (L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X). Manuscritos largos pueden dividirse en varias partes que aparecerían en números distintos.
4. Los nombres de las proteínas se escribirán en mayúsculas y redondilla (ABC o Abc). Los de genes y especies aparecerán en cursiva (*ABC*, *Homo sapiens*). También se pondrán en cursiva los términos que se citen en un idioma distinto al castellano.
5. Los autores que no sean castellanohablantes pueden remitir sus manuscritos en inglés. Una vez aceptado, el equipo editorial elaborará un resumen en castellano.
6. Las tablas, figuras, dibujos y demás elementos gráficos deberán adjuntarse en ficheros independientes. Cuando sea posible, utilice el formato vectorial no propietario pdf, svg, eps o ps. En caso de fotografías o figuras tipo *bitmap* se pueden enviar en formato jpg, tif o png con una resolución mínima de 300 ppp. Existe la posibilidad de incorporar breves animaciones en formato gif a baja resolución.
7. Las referencias bibliográficas se citarán dentro del propio texto, numeradas por orden de aparición, entre corchetes en superíndice<sup>[1]</sup>. Al final del mismo, se incluirá la sección de *Bibliografía* o *Referencias* de acuerdo con el estilo del siguiente ejemplo:  
<sup>1</sup>Einstein Z y Zwestein D. Spatial integration in the temporal cortex. *Res Proc Neurophysiol Fanatic Soc* 1: 45-52, 1974.  
 Si hay más de dos autores, se citará el primero seguido de «y otros».  
 Si el texto principal no incluye referencias bibliográficas, se ruega a los autores que aporten 3-4 referencias generales «para saber más» o «para más información».
8. Se anima a contribuir a la sección *la imagen comentada* con imágenes originales o de libre distribución (300 ppp de resolución como mínimo) acompañadas en documento aparte con un breve comentario de unas 300 palabras relacionado con la misma (descripción, información, técnica, etc.).
9. Se considerará cualquier contribución para las distintas secciones de la revista.
10. Envío de contribuciones: el original se enviará por correo a los coeditores o a cualquier otro miembro del comité editorial que consideren más afín al tema de la contribución. Como último recurso, se pueden enviar por correo postal acompañados de un CD. No se devolverá ningún original a los autores.
11. La aceptación de todas las contribuciones se hará a petición de los miembros del equipo editorial, manteniendo en todo caso los coeditores la decisión final sobre la misma. También se podrá sugerir al autor mejoras formales o de contenido para adaptar el artículo al perfil de la revista. La notificación se enviará por correo electrónico al autor que figure como corresponsal.