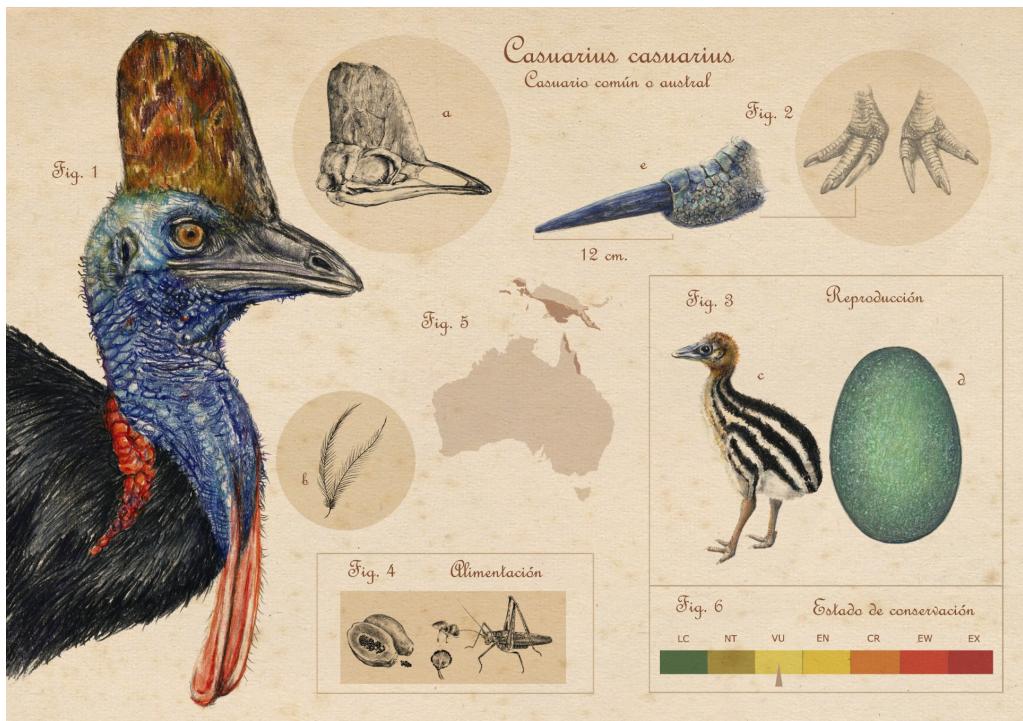


eEncuentros en la biología



Voluntariado en islas
Galápagos

No existe una cura contra el
cáncer

Más que un esqueleto

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

COMITÉ EDITORIAL

DIRECCIÓN

- Juan A. Pérez Claros
johnny@uma.es
Paleontología
Edición Digital

EDITORES

- Victoria de Andrés Fernández
deandres@uma.es
Biología animal aplicada
Directora de Ciencia Sin Límites
- Tahía Diana Fernández Duarte
tahiadfd@uma.es
Biología celular, genética y fisiología. *Biocómico. Diseño y maquetación*
- Rafael Antonio Cañas Pendón
rcanas@uma.es
Biología celular, molecular y genética

- José Córdoba Caballero
jcordoba@cnio.es
Genómica del cáncer.
Diseño y maquetación

- Miguel Ángel Farfán Aguilar
mafarfan@uma.es
Biología animal
- Ana Grande Pérez
agrande@uma.es
Biología celular, molecular y genética
Jóvenes científicos Mujeres STEM UMA
- Paul Palmquist Gomes
paulpg21@gmail.com
Biología animal

- COMITÉ CIENTÍFICO
- Antonio Diéguez
dieguez@uma.es
Filosofía de la ciencia
Epistemología
 - Enrique Viguera
eviguera@uma.es
Biología celular, molecular y genética

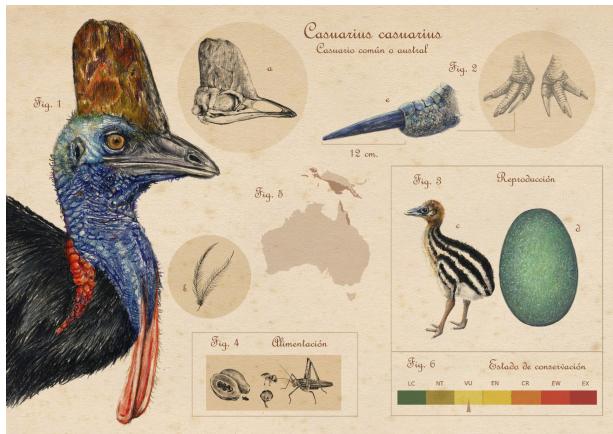
- M. Gonzalo Claros
claros@uma.es
Bioquímica, biología molecular y bioinformática.
Escribir bien no cuesta trabajo Anecdotario científico
- Miguel Á. Medina Torres
medina@uma.es
Biología celular, molecular y genética
- Juan Carlos Codina
jccodina@uma.es
Microbiología
Coordinación y difusión (educación secundaria)
- Luis Rodríguez Caso
caso@eelm.csic.es
Biología vegetal
Calidad y difusión
- Elena Rojano Rivera
elenarojano@uma.es
Bioinformática y biología de sistemas.
- Juan José Borrego García
jjborrego@uma.es
Microbiología

- Elena Bañares España
elbaes@uma.es
Biología vegetal
- María Rosa López Ramírez Aguilar
mrlopez@uma.es
Astrobiología
- Jaime Pereña Ortiz
jperena@uma.es
Biología vegetal
- Patricia Zarza Herrero
pzherero03@uma.es
Coordinación y difusión (alumnos)

COMITÉ EDITORIAL DE HONOR

- Salvador Guirado Hidalgo
guirado@uma.es
Biología Celular
Fundador *Encuentros en la Biología*
- Esteban Domingo
edomingo@cbm.uam.es
Evolución de virus
- Gonzalo Álvarez Jurado
g.alvarez@usc.es
Genética

La portada



El casuario común o casuario austral puede medir hasta 170 cm y la hembra (Fig. 1) es más grande y vistosa que el macho. Se caracteriza por un gran casquete cónico en la cabeza (a), un pico corto y dos verrugas o carúnculas rojas que le cuelgan del cuello. El plumaje es negro, endeble y afilado en la punta (b). De su defensa destacan las garras de sus tres dedos (Fig. 2). El macho se encarga de la incubación de los huevos que pone la hembra y también del cuidado de las crías (Fig. 3). Su alimentación (Fig. 4) es fundamentalmente vegetariana y ocasionalmente se suman a su dieta pequeños artrópodos. Geográficamente se sitúa al sur de Nueva Guinea, norte de Queensland y las islas Aru (Fig. 5) y está clasificado en la categoría de especie amenazada (Fig. 6).

Cristina Manzano Espinosa
 cristina.manzano@ccinf.ucm.es

Mención honorífica de la tercera edición del Concurso de Ilustración Científica de la facultad de Ciencias de la UMA

Índice

Editorial	4
La imagen comentada	5
Cambios en la asimetría fluctuante en el húmero de la gaviota patiamarilla mediterránea (<i>Larus michahellis</i>) (Laridae: Charadriiformes)	6
Voluntariado de cooperación internacional para la identificación de virus de plantas en las islas Galápagos	11
Que no te mientan: no existe una cura para el cáncer	15
El Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía apuesta por el talento joven	17
Más que un esqueleto	21
Biocómic	25

Editorial

Con este número de Encuentros en la Biología queremos comenzar, en primer lugar, deseando a nuestros lectores un feliz año nuevo. Un nuevo año supone siempre una oportunidad para renovar energías, reforzar compromisos y seguir avanzando en el conocimiento y la divulgación de la biología.

No obstante, este inicio de año viene acompañado de una necesaria disculpa. El número que tienen entre sus manos, previsto inicialmente para el mes de diciembre, ve finalmente la luz en enero debido a problemas técnicos ajenos a nuestra voluntad. Agradecemos la paciencia y comprensión de quienes siguen la revista y confían en nuestro trabajo, y esperamos que el contenido compense la demora.

Queremos aprovechar estas líneas para recordar que la labor editorial de Encuentros en la Biología se realiza de manera completamente altruista. El equipo editor compagina esta tarea con sus responsabilidades docentes, investigadoras y profesionales, movido únicamente por el compromiso con la divulgación científica y el deseo de acercar la biología a la comunidad universitaria y a la sociedad en general.

En este sentido, reafirmamos la importancia de la divulgación científica en biología como herramienta clave para fomentar el pensamiento crítico, el interés por la ciencia y una ciudadanía informada. La biología no solo explica los procesos fundamentales de la vida, sino que también aporta respuestas a cuestiones tan relevantes

como la salud, la conservación del medio ambiente o el impacto de la actividad humana sobre los ecosistemas. Difundir este conocimiento de forma rigurosa y accesible es, hoy más que nunca, una responsabilidad compartida.

En este sentido, resulta especialmente relevante que los criterios actuales de evaluación de la actividad investigadora reconozcan el valor de la divulgación y la transferencia del conocimiento. Así, la ANECA contempla el impacto social de la investigación —por ejemplo, a través de artículos de divulgación relacionados con las obras presentadas— con una ponderación que puede alcanzar hasta un 10 % en la evaluación de los sexenios de investigación, reforzando el papel de la ciencia en su conexión con la sociedad.

Por ello animamos a las disintintas figuras de profesores universitarios en el campo de la biología a enviarnos sus aportaciones, así como a cualquiera que desee compartir cualquier contenido relacionado con diversas temáticas que aquí tratamos.

Esperamos que este nuevo número resulte de su interés y contribuya a seguir fortaleciendo el diálogo entre ciencia, universidad y sociedad. Les deseamos un año lleno de descubrimientos, aprendizaje y encuentros con la biología.

Juan Antonio Pérez Claros



La imagen comentada



ACUARIOFILIA Y CONSERVACIÓN

Gracias a la película "Nemo", cuando se menciona al pez payaso la mayoría de las personas tiene una ligera idea general de su aspecto: peces de pequeño tamaño, con el cuerpo de color naranja y bandas blancas. Sin embargo, bajo esta imagen simplificada se esconde una notable biodiversidad, ya que existen alrededor de 30 especies de peces payaso, pertenecientes a los géneros *Amphiprion* y *Premnas* incluidos dentro de la familia Pomacentridae y la subfamilia Amphiprioninae. Desde el punto de vista morfológico, estas especies se distinguen principalmente por el número de bandas corporales, que puede variar entre 0 y 3, así como por su coloración, que abarca tonalidades rojas, naranjas, amarillas o negras.

A pesar de esta diversidad, las especies de peces payaso comparten dos características fundamentales: mantienen una relación simbiótica con anémonas marinas y sus poblaciones silvestres han sufrido una presión significativa debido a su intensa explotación para el comercio ornamental en acuarios. Esta demanda ha contribuido, durante años, a la extracción directa de ejemplares de su medio natural (Wabnitz et al., 2003).

En la actualidad los acuarios además de ayudar en la divulgación del conocimiento sobre las especies marinas, desempeñan un papel relevante en la conservación de

las mismas. En el caso de los peces payaso, la mayoría de los individuos comercializados no procede del medio natural, sino que se obtiene mediante reproducción en cautividad. Este avance ha sido posible gracias al estudio y al desarrollo de técnicas y protocolos específicos de reproducción de estos animales (Cid Ruiz, 2003). La cría en cautividad ha permitido mejorar la trazabilidad de los individuos y, además, ampliar el conocimiento sobre aspectos clave de su biología reproductiva, como el hermafroditismo protándrico, el comportamiento reproductivo y el cuidado parental.

En la fotografía se observa una puesta de la especie *Amphiprion clarkii*, conocida coloquialmente como pez payaso de cola amarilla. Su distribución natural se extiende por el océano Indo-Pacífico. Esta especie presenta un sistema reproductivo monógamo en el que la hembra se distingue del macho por su mayor tamaño. Los huevos, de forma elíptica, son cuidados de manera activa por el macho, que se encarga de su oxigenación continua hasta el momento de eclosión.

Laura Ramos Zafra y Víctor López de la Rosa
Universidad de Málaga, Universidad de Cádiz
laura99@gmail.com, lrvictor_96@outlook.com

Bibliografía

- Cid Ruiz, J. M. (2003, 25 septiembre). Algunas experiencias prácticas reproduciendo A. Percula y A. Ocellaris. *AquaticNotes*. <https://aquaticnotes.com/2016/es/2003/09/25/percula-y-oellaris/>
- Wabnitz, C., Taylor, M., Green, E., & Razak, T. (2003). From ocean to aquarium: The global trade in marine ornamental species. UNEP-WCMC.

CAMBIOS EN LA ASIMETRÍA FLUCTUANTE EN EL HÚMERO DE LA GAVIOTA PATIAMARILLA MEDITERRÁNEA (*LARUS MICHAELLIS*) (LARIDAE: CHARADRIIFORMES)

por PARÉS-CASANOVA, PERE M.

INSTITUCIÓ CATALANA D'HISTÒRIA NATURAL, CATALUÑA

PPPARES@UOC.EDU

inestabilidad del desarrollo, análisis de Procrustes generalizado, morfometría geométrica, forma.

Keywords: development instability, generalized Procrustes analysis, geometric morphometrics, shape.

Resumen: En esta investigación, los autores aplicamos la medición de posibles asimetrías bilaterales en los húmeros de 16 gaviotas patiamarilla mediterránea (*Larus michahellis*), recurriendo a radiografías en proyección ventro-dorsal y estudio de las imágenes mediante métodos de morfometría geométrica. La muestra analizada mostró asimetría fluctuante (AF), tanto en el tamaño como en la forma pura, pero no asimetría direccional (AD) ni antisimetría. Fueron los elementos proximales del húmero los que mostraron una mayor cantidad de asimetría, lo que sugiere que la carga mecánica es mayor en estas áreas y por tanto se sugeriría que son elementos biomecánicos más que estrés ambiental los responsables de la asimetría detectada. No apareció AD marcada en la curvatura, lo que apoyaría la hipótesis que las fuerzas compresivas en el brazo no son diferentes en ambos lados. Pero se detectaron cambios de AF con el tamaño, lo que sugeriría además que esta asimetría se desarrolla durante el crecimiento óseo endocondral.

Abstract: In this research, the authors applied geometric morphometric techniques to assess possible bilateral asymmetries in humeri of 16 yellow-legged gulls (*Larus michahellis*), based on radiographic ventro-dorsal projections. The sampled reflected fluctuating asymmetry (FA), both in size and shape, but no directional asymmetry (DA) neither antisymmetry. Humeral proximal elements showed the showed a greater amount of asymmetry, which suggests that mechanical load is greater in these areas and are therefore biomechanical factors rather than environmental stress are responsible for detected asymmetry. DA was not significative, which would support the hypothesis that compressive forces of the arm are not different on both sides. FA changed with size, which would also suggest that it develops during endochondral bone growth.

Introducción: Los estudios sobre desarrollo morfológico destacan la interacción de una gran cantidad de condiciones y variables para llegar a generar una estructura funcional. Así, por ejemplo, la variación en la alimentación, temperatura, fragmentación de hábitat, densidad y contaminantes de población puede conducir a la inestabilidad del desarrollo. Se denomina inestabilidad del desarrollo (ID) (o “ruido del desarrollo”) a la tendencia de un sistema de desarrollo a producir cambios morfológicos como respuesta a perturbaciones aleatorias (Auffray, Debat, and Alibert 1999; Angelopoulou, Vlachou, and Halazonetis 2009; Lima et al. 2016). Dado que tales perturbaciones pueden ser visibles a nivel del fenotipo, la existencia de cambios fenotípicos puede indicar el grado al que un organismo responde a estos estresores (Coster et al. 2013).

En este contexto, el patrón de simetría de las estructuras bilaterales ha sido ampliamente utilizado como un marcador de ID (Lens et al. 2002; Coster et al. 2013; Lima et al. 2016) puesto que, dado que ambos lados de un organismo están bajo el mismo

control genético durante su desarrollo, se espera que cualquier desviación de la simetría es el producto de disturbios locales que romperían la homeostasis del desarrollo (Coster et al. 2013).

La asimetría puede ser descrita por la distribución de frecuencia de la diferencia entre lo lados izquierdo y el derecho de los individuos de una población (Graham, Freeman, and Emlen 1993). En general, hay tres principales tipos de asimetría bilateral: asimetría fluctuante (AF), asimetría direccional (AD) y antisimetría (AS) (Zelditch, Swiderski, and Sheets 2004). AF presenta un modelo de variación en la que las desviaciones de la simetría se distribuyen cerca de una media de cero, y son al azar y no direccionales (Lopez Galan 2016). Las desviaciones pueden distribuirse preferentemente en una dirección, generando entonces AD -o sea, cuando hay una tendencia para el desarrollo excesivo de un lado con relación al otro-. Por último, en AS se detecta que un lado es generalmente mayor que el otro, pero la posición de la parte más grande varía al azar en la población, conduciendo a una distribución bimodal de las diferencias entre los lados izquierdo y derecho.

De los tres tipos de asimetría, AF ha sido considerado como una medida de ID, ya que refleja la incapacidad de un organismo para hacer frente a factores estresantes y las perturbaciones resultantes durante el desarrollo (Graham et al. 2010). AF, pues, se suele interpretar como un buen indicador de estrés ambiental (Auffray, Debat, and Alibert 1999; Coster et al. 2013). Se considera que AD y AS tienen, por su lado, una base genética (Cocilovo, Varela, and Quevedo 2006; Zachos, Hartl, and Suchentrunk 2007).

En esta investigación, se aplicó la medición de posibles asimetrías (AF y AD) en húmeros de gaviota patiamarilla (*Larus michahellis michahellis*) a partir de imágenes de rayos X, presuponiendo que la asimetría ósea debe reflejar con mayor precisión la asimetría que los rasgos relacionados con el plumaje (p. ej. longitud de ala o cola). Como es el caso con la fotografía digital, podemos considerar la radiografía particularmente apropiada cuando las características del objeto estudiado pueden ser representadas en dos dimensiones, como es el caso de los huesos largos. Sin embargo, a pesar de este gran potencial, la técnica radiográfica ha sido raramente utilizada en estudios de esta índole.

L. michahellis es la gaviota más abundante en la región paleártica sudoeste (Hume et al. 2021). La especie está actualmente dividida en tres subespecies: *L. m. atlantis*, que se limita a las islas Macaronésicas, *L. m. michahellis*, que ocupa principalmente las costas mediterráneas y *L. m. lusitanicus* que se reproduce a lo largo de la costa atlántica de la Península Ibérica (Galarza et al. 2012).



Figura 1. Proyección ventro-dorsal de los especímenes estudiados de *Larus michahellis*. En cada húmero, derecho e izquierdo, se situó un total de 12 puntos homólogos.

Material y métodos:

Muestra

Se estudiaron 16 gaviotas adultas patiamarillas mediterráneas (*Larus michahellis michahellis*) procedentes de una campaña de erradicación del P.N. del Delta de l'Ebre, Cataluña, SW de España, durante el período de cría. Ninguno de los animales presentaba patologías aparentes, y en todos los casos su estado corporal era bueno. Los especímenes no se sexaron.

Obtención de las imágenes

De cada animal se obtuvo una imagen radiográfica en proyección ventro-dorsal, que incluía ambos húmeros, utilizando siempre el mismo aparato y posicionamiento. Estas imágenes de rayos X fueron utilizadas para el análisis morfométrico. Posteriormente, en la imagen digitalizada de cada húmero derecho e izquierdo se situaron 12 puntos homólogos (“landmarks”) (Figura 1). Los puntos de referencia pueden definirse como puntos anatómica o geométricamente homólogos entre estructuras. Cada punto fue digitalizado dos veces en cada ala en diferentes sesiones independientes para permitir estimar el error de medición.

Las configuraciones de los puntos fueron superpuestas usando el Análisis Generalizado de Procrustes (AGP). El AGP comienza reflejando configuraciones representativas de uno de los lados y superponiéndolos por su centroide (punto a media de una configuración de puntos homólogos) (Bookstein 1991). Como resultado de todos estos cálculos, al haber eliminado las diferencias de escala, rotación y posición, se permite una comparación precisa de la forma (Bookstein 1991). El tamaño del centroide, la raíz cuadrada de la suma de las distancias cuadradas de un sistema de señal a su centroide, entonces se escala a uno (Bookstein 1991).

Análisis estadístico

La asimetría de la forma se analizó mediante un ANOVA de Procrustes, de manera que la identidad del espécimen considerada como efecto aleatorio y lateral del húmero se usó como un efecto fijo. En particular, el efecto principal entre especies representa la variación de la forma individual, el efecto del lado del cuerpo correspondió a la asimetría direccional (AD), la interacción entre el lado del cuerpo y la identidad del espécimen correspondió a fluctuar la asimetría fluctuante (AF) y el residuo correspondieron al error de medición en el modelo. En el ANOVA de Procrustes, los grados de libertad se calculan multiplicando el número de grados de libertad de cada factor por

el número total de dimensiones en el espacio de forma. Finalmente, el comportamiento alométrico de AF en relación con el tamaño se testó un análisis de regresión utilizando la variable “componente asimétrico” como valor dependiente, y “tamaño de centroide” como valor independiente. La antisimetría (AS) en forma de ala se analizó utilizando un diagrama de distribución las diferencias entre el lado izquierdo y el derecho para todos los puntos. La aparición de

una distribución bimodal en las diferencias entre los lados izquierdo y derecho. Esta diferencia derecha-izquierda se corroboró con una prueba pareado W de Wilcoxon. La visualización de los cambios en la forma se basó en las rejillas de deformación.

Todos los análisis se realizaron utilizando el software MorphoJ v. 1.05c (Klingenberg 2011) y PAST v. 4.17c (Hammer, Harper, and Ryan 2024).

Tabla 1. Resultados del ANOVA de Procrustes del tamaño y forma pura los húmeros de 16 gaviotas adultas patiamarillas mediterráneas (*Larus michahellis michahellis*). La partición de varianza obtenida del ANOVA de Procrustes indicó la interacción entre el lado y la identidad de la muestra (AF, asimetría fluctuante) fue significativa, pero no el efecto del lado del cuerpo (AD, asimetría direccional), tanto para la forma como para el tamaño. En todos los casos, el error fue menor que las dos asimetrías analizadas.

Tabla 1: Resultados del ANOVA de Procrustes del tamaño y forma pura.

Tamaño					
Efecto	SS	MS	g.l.	F	P
*Individuo	287702,539696	19180,16931	15	45,27	<.0001
AD	158,884058	158,88405	1	0,38	0,5494
AF	6354,673705	423,64491	15	5,62	<.0001
Error	2109,316008	75,33200	28		

Forma pura					
Efecto	SS	MS	g.l.	F	P
Individuo	0,01221003	0,0000407001	300	1,27	0,0203
AD	0,00061684	0,0000308418	20	0,96	0,5109
AF	0,00963542	0,0000321181	300	1,32	0,0026
Error	0,01360880	0,0000243014	560		

g.l.: grados de libertad

Requerimientos éticos

Se trabajó con cadáveres procedentes de campañas de erradicación, por lo que en ningún caso se procedió al sacrificio ex profeso para este estudio de los animales analizados.

Resultados:

La partición de varianza obtenida del ANOVA de Procrustes indicó la interacción entre el lado y la identidad de la muestra fue significativa, pero no el efecto del lado del cuerpo, tanto para la forma como para el tamaño (tabla 1), implicando no sólo que *Larus michahellis michahellis* tiene AF, significativa, aunque baja, en la forma humeral, sino también que el nivel de AF aparecía mayor que el error (un 25,09 versus un 18,99 %). La asimetría apareció correlacionada con el tamaño, explicando esta variable

un 12,96 % del cambio (Figura 2). La distribución de las diferencias entre lados, finalmente, presentó una distribución monomodal (Figura 3), con lo que se descartó una posible AS. La prueba de Wilcoxon reforzó esta conclusión, al no aparecer diferencias estadísticamente significativas entre lados ($W=211$; $p=0,667$).

Los puntos localizados en las partes proximales del húmero fueron los que presentaron mayor AF, especialmente los tubérculos dorsal y ventral para inserción muscular (Figura 4).

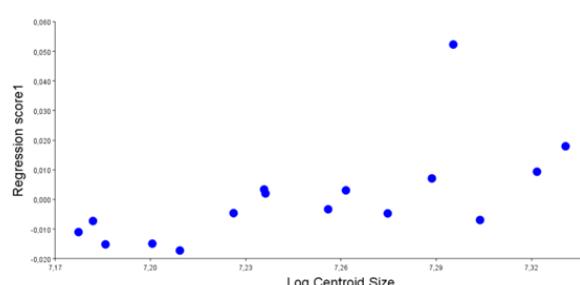


Figura 2. Correlación de la asimetría con el tamaño. El tamaño explicó un 12,96 % del cambio.

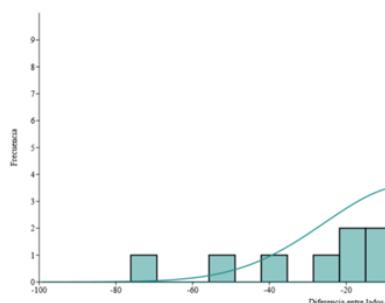


Figura 3. Distribución de las diferencias derecha-izquierda del tamaño de centroide para los húmeros de 16 gaviotas adultas patiamarillas mediterráneas (*Larus michahellis michahellis*). Promedio: -3,25; sesgo: -1,636; curtosis: 3,321. La prueba de Wilcoxon demostró la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre lados ($W=211$; $p=0,667$).

Discusión:

AF se ha asociado como indicador de ID, posiblemente reflejando cambios ambientales (Reeves, Auerbach, and Sylvester 2016; Rivero-Aragón, Suárez-Hernández, and Alvaré-Jaramillo 2018; Niemeier, Müller, and Rödel 2019). Sí que se reconoce ampliamente que las presiones medioambientales pueden afectar el desarrollo de un organismo y, por tanto, generar AF, que aumenta con la tasa de crecimiento. O, dicho de otro modo, la “precisión simétrica” se ve mermada cuando se destina más energía al crecimiento que a la “corrección simétrica”. Refuerza esta hipótesis que, en la presente investigación, se detecten cambios de AF con el tamaño de *L. michahellis* O sea, que esta asimetría se desarrolla durante el crecimiento óseo endocondral y el pertinente desarrollo muscular.

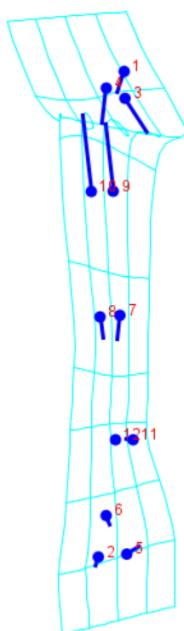


Figura 4. Cambios en la forma pura los húmeros de 16 gaviotas adultas patiamarillas mediterráneas (*Larus michahellis michahellis*). Los puntos localizados en las partes proximales del húmero (1, 3, 4, 9 y 10) fueron los que presentaron mayor cambio.

Fueron los elementos proximales del húmero los que mostraron una mayor cantidad de asimetría, lo que sugiere que la carga mecánica es bilateralmente diferente en estas áreas y, por tanto, responsable de la asimetría detectada. La explicación más probable para la asimetría promedio observada se debe a un desequilibrio funcional debido a preferencias de lado que se traducen en un tirón desigual de los músculos pareados sobre el húmero, desigualdad que se verá aumentada a medida que el animal crece, probablemente por el aumento de la masa muscular y, por ende, peso. Al no aparecer asimetría en la curvatura del hueso, se descartaría, en cambio, que las fuerzas compresivas sean bilateralmente diferentes.

Conflictos de intereses:

El autor declara no tener ningún conflicto de interés.

Agradecimientos:

El autor agradece las facilidades ofrecidas desde el “Parc Natural del Delta de l’Ebre” para la entrega de los cuerpos de los animales estudiados.

Bibliografía:

- Angelopoulou, M.V., V. Vlachou, and D.J. Hazonetis. 2009. “Fluctuating Molar Asymmetry in Relation to Environmental Radioactivity.” *Archives of Oral Biology* 54(7): 666–70.
- Auffray, J.C., V. Debat, and P. Alibert. 1999. “Shape Asymmetry and Developmental Stability.” In *On Growth and Form: Spatio-Temporal Pattern Formation in Biology*, ed. J.C. McLachlan Mark A.J. Chaplain, G.D. Singh. New York: John Wiley and Sons Ltd, 309–324.
- Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cocilovo, J.A., H.H. Varela, and S. Quevedo. 2006. “La Asimetría Bilateral y La Inestabilidad Del Desarrollo.” *Revista argentina de antropología biológica* 8(1): 121–44.
- Coster, G. de et al. 2013. “Fluctuating Asymmetry and Environmental Stress: Understanding the Role of Trait History.” *PLoS ONE* 8(3): 1–9.

- Galarza, A. et al. 2012. "Movements of Mediterranean Yellow-Legged Gulls Larus Michahellis to the Bay of Biscay." *Ringing and Migration* 27(1): 26–31.
- Graham, J.H., D.C. Freeman, and J.M. Emlen. 1993. "Antisymmetry, Directional Asymmetry, and Dynamic Morphogenesis." *Genetica* 89(1–3): 121–37.
- Graham, J.H., S. Raz, H. Hel-Or, and E. Nevo. 2010. "Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Applications." *Symmetry* 2: 466–540.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper, and P.D. Ryan. 2024. "PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis." *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1–229.
- Hume, R., R. Still, A. Swash, and H. Harrop. 2021. Europe's Birds. An Identification Guide. New Jersey: *Princeton University Press*.
- Klingenberg, C.P. 2011. "MorphoJ: An Integrated Software Package for Geometric Morphometrics." *Molecular Ecology Resources* 11(2): 353–57.
- Lens, L., S. Van Dongen, S. Kark, and E. Matthyssen. 2002. "Fluctuating Asymmetry as an Indicator of Fitness: Can We Bridge the Gap between Studies?" *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 77(1): 27–38.
- Lima, C.B.S. et al. 2016. "Morphometric Differences and Fluctuating Asymmetry in *Melipona Subnitida* Ducke 1910 (Hymenoptera: Apidae) in Different Types of Housing." *Brazilian Journal of Biology* 76(4): 845–50.
- Lopez Galan, A. 2016. "Morfometría Geométrica: El Estudio de La Forma y Su Aplicación En Biología." *Temas de Ciencia y Tecnología* 19(55): 53–59.
- Niemeier, S., J. Müller, and M.O. Rödel. 2019. "Fluctuating Asymmetry – Appearances Are Deceptive. Comparison of Methods for Assessing Developmental Instability in European Common Frogs (*Rana Temporaria*)."*Salamandra* 55(1): 14–26.
- Reeves, N.M., B.M. Auerbach, and A.D. Sylvester. 2016. "Fluctuating and Directional Asymmetry in the Long Bones of Captive Cotton-Top Tamarins (*Saguinus Oedipus*)."*American Journal of Physical Anthropology* 51(December 2015): 41–51.
- Rivero-Aragón, A., A.M. Suárez-Hernández, and A. Alvaré-Jaramillo. 2018. "Evolution of Population Level Lateralization in *Dysdercus Andreae* L. (Heteroptera: Pyrrhocoridae)." *Centro Agrícola* 45(4): 75–84.
- Zachos, F.E., G.B. Hartl, and F. Suchentrunk. 2007. "Fluctuating Asymmetry and Genetic Variability in the Roe Deer (*Capreolus Capreolus*): A Test of the Developmental Stability Hypothesis in Mammals Using Neutral Molecular Markers." *Heredity* 98(6): 392–400.
- Zelditch, M.L., D.L. Swiderski, and H.D. Sheets. 2004. *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer*. Boston: Elsevier Academic Press.

VOLUNTARIADO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE VIRUS DE PLANTAS EN LAS ISLAS GALÁPAGOS

por ESTHER ÁLVAREZ SÁNCHEZ¹, DANIEL DÍAZ RUIZ¹, ROCÍO ESPAÑA BONILLA¹, LAURA RAMOS ZAFRA¹, PATRICIO A. VEGA-MARIÑO², EDGARD ALBERTO VÉLEZ PINELA², MARILYN

CRUZ BEDÓN², ENRIQUE VIGUERA MÍNGUEZ¹ Y ANA GRANDE PÉREZ¹

¹ÁREA DE GENÉTICA, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA, MÁLAGA, ESPAÑA

²AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LA BIOSEGURIDAD Y CUARENTENA PARA GALÁPAGOS, GALÁPAGOS, ECUADOR)

ESTHER.ALVA.SAN@GMAIL.COM, DDIAZRUIZ1997@GMAIL.COM, ROCIOBONILLA99@GMAIL.COM, LAURA99RZ@GMAIL.COM,

PATRICIO.VEGA@ABGALAPAGOS.GOB.EC, ALBERTO.VELEZ@ABGALAPAGOS.GOB.EC, MARILYN.CRUZ@ABGALAPAGOS.GOB.EC,

VIGUERA@UMA.ES, AGRANDE@UMA.ES

Palabras clave: Cooperación Internacional, conservación, islas Galápagos, begomovirus, mosca blanca.

Keywords: International Cooperation, conservation, Galapagos Islands, begomovirus, whitefly.

Resumen: Entre junio y septiembre de 2022 se desarrolló un trabajo de voluntariado en cooperación internacional con la *Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos* (ABG), en las islas Galápagos, Ecuador. ABG es la autoridad que controla la bioseguridad, la cuarentena, la sanidad animal y vegetal, así como la protección de los ecosistemas insulares y marinos de las islas Galápagos. El objetivo del proyecto fue generar conocimiento sobre los virus presentes en cultivos tradicionales y en especies naturales de las zonas de transición entre las zonas agropecuarias y las zonas protegidas del Parque Nacional Galápagos, contribuyendo a la protección del ambiente y al uso sostenible de los recursos naturales del archipiélago de Galápagos. Los virus de ADN circular de cadena sencilla (ssDNA) causan graves pérdidas en muchos países de zonas templadas con una economía basada en la agricultura. Éstos pueden evolucionar causando enfermedades nuevas o más agresivas en los cultivos o en plantas de gran valor ecológico. Los voluntarios muestrearon en la isla Santa Cruz cultivos de interés como tomate, calabacín, pimiento y papaya, así como malezas y ejemplares de mosca blanca. Mediante técnicas de amplificación de círculo rodante y PCR específica para la detección de begomovirus se obtuvo amplificación de ADN en algunos cultivos, pero principalmente en malezas que, de confirmarse mediante secuenciación, sugeriría la presencia de reservorios de virus en estas plantas. Los resultados obtenidos permitirán a la ABG detectar e identificar los virus prevalentes en la isla Santa Cruz y proponer medidas de control adecuadas que representarán un beneficio directo a la población de las Galápagos, con una economía basada en la agricultura sostenible y en el turismo ecológico. La experiencia ha puesto de manifiesto los beneficios de la Cooperación Internacional, no solo la contribución a la investigación y la conservación, sino también en el fomento de oportunidades de desarrollo profesional para los participantes.

Abstract: Between June and September 2022, a volunteer project in International Cooperation with the Agency for Regulation and Control of Biosecurity and Quarantine for Galapagos (ABG), was carried out in the Galapagos islands, Ecuador. ABG is the authority that controls biosecurity, quarantine, animal and human health, as well as the protection of the island and marine ecosystems of the Galapagos Islands. The objective was to generate knowledge about plant viruses prevalent in traditional crops and natural species on the transition zones between agricultural and protected areas of the Galapagos National Park, contributing to environmental protection and the sustainable use of the natural resources of the Galapagos Archipelago. Single-stranded circular DNA (ssDNA) viruses cause serious losses in many temperate countries with an agriculture-based economy. They can evolve to cause new or more aggressive diseases in crops or ecologically valuable plants. Volunteers sampled crops of interest such as tomato, zucchini, bell pepper and papaya, as well as weeds and whitefly specimens on Santa Cruz Island. Using rolling circle amplification and specific PCR techniques for begomovirus detection, DNA amplification was obtained in some crops but mainly in weeds, which, if confirmed by sequencing, would suggest the presence of virus reservoirs in these plants. The results obtained will allow ABG to detect and identify the viruses prevalent in the islands and implement appropriate control measures that will directly benefit the Galapagos population with an economy based on sustainable agriculture and ecotourism. The experience has highlighted the benefits of international cooperation, not only in contributing to research and conservation, but also in promoting professional development opportunities for the participants.

Transformando vidas y ecosistemas: experiencias de Cooperación Internacional en las islas Galápagos.:

El Programa de Cooperación Internacional del Vicerrectorado de Internacionalización de la Universidad de Málaga (UMA) tiene como objetivo la formación y sensibilización del alumnado universitario en proyectos de cooperación internacional y solidaridad. Desde su creación en el año 2011, cientos de alumnos de la UMA han tenido la oportunidad de participar en los proyectos de voluntariado ofertados en diferentes países de Centroamérica, Latinoamérica y Oriente Próximo. En el año 2022, cuatro proyectos diferentes coordinados por profesores de la Facultad de Ciencias de la UMA se desarrollaron en las islas Galápagos (Ecuador), en colaboración con diversas entidades públicas y privadas de las islas. Los proyectos se enfocaron en distintas temáticas, desde la restauración de tortugas gigantes y ecosistemas terrestres, hasta la identificación de virus y especies invasoras en las islas.



Figura 1. Mapa de las islas Galápagos con coordenadas geográficas y localización respecto a la costa continental de Ecuador. El voluntariado tuvo lugar en la isla Santa Cruz, una de las cuatro islas habitadas junto con San Cristóbal, Isabela y Floreana [3]. (Imagen de autor desconocido bajo licencia CC BY-SA).

Las islas Galápagos poseen una flora y fauna endémica única en el mundo: el Parque Nacional Galápagos fue declarado Patrimonio Natural de la Humanidad en 1976, Reserva de la Biosfera de la UNESCO en 1984 y Sitio Ramsar en 2001[1]. Este

archipiélago es, además, conocido por ser el lugar donde el científico Charles Darwin realizó observaciones sobre la adaptación de los pinzones a los recursos y alimentos disponibles en cada isla, y que más tarde le servirían de inspiración para escribir *El origen de las especies* [2].

Desde el año 2014, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Ecuador desarrolla el Plan de Bioagricultura para Galápagos, cuyo objetivo es reducir el volumen de alimentos introducidos desde el continente y motivar la producción agroecológica en las islas. En octubre de 2017 los profesores Ana Grande y Enrique Viguera del Área de Genética de la UMA fueron invitados a participar en el I Taller Internacional Galápagos Verde 2050, organizado por la Dra. Patricia Jaramillo de la Fundación Charles Darwin en Puerto Ayora, isla Santa Cruz. En dicho taller se dialogó, entre varios temas importantes para la conservación del capital natural de las islas Galápagos, sobre virus emergentes de plantas. Los investigadores identificaron como prioritario generar conocimiento y control sobre los potenciales virus de plantas presentes en las islas, para así prever posibles amenazas a la salud de los ecosistemas y de cultivos de gran importancia económica para los habitantes de las cuatro islas habitadas, a saber, Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana.

El proyecto de cooperación titulado: “Detección e identificación de virus prevalentes en cultivos tradicionales de importancia en la alimentación y en plantas silvestres de gran valor ecológico en las islas Galápagos”, pertenece a la convocatoria de AACID-UMA “Sensibilización y formación de la comunidad universitaria en cooperación internacional para el desarrollo mediante acciones de voluntariado en proyectos en países prioritarios” (2021-2022) de la Junta de Andalucía. El proyecto fue desarrollado por los alumnos Esther Álvarez Sánchez, Daniel Díaz Ruiz, Rocío España Bonilla y Laura Ramos Zafra de la Facultad de Ciencias y como PDI el Dr. Enrique Viguera Mínguez y la Dra. Ana Grande Pérez, investigadora principal del proyecto, y tenía como objetivo generar conocimiento de calidad sobre los virus que pudieran estar presentes tanto en cultivos tradicionales como en especies naturales contribuyendo a la protección del ambiente y al uso sostenible de los recursos naturales del archipiélago.

El proyecto se realizó en colaboración con la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG), institución adscrita al Ministerio del Ambiente de Ecuador, y dirigida por la Dra. Marilyn Cruz Bedón. Actualmente, el Director Ejecutivo de la ABG es el Mgs. Jean Pierre Cadena. Los análisis se realizaron en las instalaciones

de la ABG en Santa Cruz, coordinadas por los investigadores Patricio A. Vega-Mariño y Edgard Alberto Vélez Pineda. La misión de ABG es la de controlar, regular y reducir el riesgo de introducción y dispersión de especies exóticas que pongan en riesgo la biodiversidad de las islas Galápagos. Durante cuatro meses, los voluntarios de la UMA trabajaron en las instalaciones de ABG en Puerto Ayora, en la isla de Santa Cruz con la colaboración del MAG y otras organizaciones como Conservación Internacional Se de Galápagos, cuyo objetivo es promover prácticas sostenibles para el autoabastecimiento de las islas, llevando a cabo el muestreo y análisis de cultivos en la isla.



Figura 2. Voluntarios de Cooperación Internacional de la UMA del proyecto “Deteción e identificación de virus prevalentes en cultivos tradicionales de importancia en la alimentación y en plantas silvestres de gran valor ecológico en las Islas Galápagos” junto a una voluntaria de ABG en el laboratorio de biología molecular procesando muestras.

El proyecto se centró en la identificación de virus de ADN circular de cadena sencilla del género Begomovirus, incluido dentro de la familia *Geminiviridae*. Los begomovirus son virus emergentes transmitidos por mosca blanca (orden *Hemiptera*, familia *Aleyrodidae*) siendo los vectores las especies *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes ricini* [4], y sus infecciones causan grandes pérdidas económicas a cultivos como el tomate [5], el calabacín [6], el pimiento [7] o la papaya [8], de especial importancia en la producción agrícola para el consumo humano.

Los voluntarios tomaron muestras de cultivos en 26 fincas de la zona rural de la isla de Santa Cruz, así como de las malezas que rodeaban a los cultivos

ya que podían ser un reservorio de estos virus. Asimismo, tomaron muestras de mosca blanca mediante un succionador de insectos.

Una vez en el laboratorio, se emplearon técnicas de biología molecular para analizar la presencia de virus en las muestras. En primer lugar, se extrajo el material genético de las muestras de cultivos. Para detectar la presencia del ADN circular se empleó la reacción de círculo rodante (RCA) y para la detección específica de begomovirus en las muestras se utilizó la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) empleando cebadores específicos de begomovirus. Además, se planteó como una contribución beneficiosa a este estudio realizar la identificación de las especies de los begomovirus que se detectaran, la cual se llevaría a cabo por medio de la secuenciación del ADN amplificado.



Figura 3. Los voluntarios y el profesor Enrique Viguera de la UMA realizando las tareas de muestreo junto a los compañeros de ABG y el MAG.

Los análisis revelaron ADN amplificado con cebadores específicos de begomovirus en 4 de las 26 fincas analizadas. Notablemente, se identificó la amplificación de ADN con dichos cebadores en las muestras de malezas en 20 de las 26 fincas. La futura secuenciación de los amplificados podrá confirmar la presencia de estos virus emergentes en las islas Galápagos. Además, de confirmarse la presencia de los virus se identificarán aquellas especies de malezas que podrían estar actuando como reservorio de virus. Igualmente, será necesario realizar la detección de virus en la mosca blanca y la identificación taxonómica de ésta por *DNA barcoding*. Esta información es de gran importancia para el manejo y el control de los virus ya que la mosca blanca podría actuar como vector de transmisión de los posibles virus a los cultivos desde las malezas.

Los productores de las distintas fincas fueron informados para desarrollar, en colaboración con el MAG, estrategias de control de plagas que sean sostenibles y respetuosas con la biodiversidad de las islas. En cuanto a la identificación de las especies concretas de los begomovirus detectados, está pendiente la autorización del Ministerio del Ambiente de Ecuador, con el Área de Biodiversidad, autoridad competente para emitir los permisos de acceso a recursos genéticos, para el envío de las muestras a secuenciar.



Figura 4. La voluntaria Laura Ramos recolectando ejemplares de mosca blanca en los cultivos de muestreo mediante un succionador de insectos. Detalle a la lupa de un individuo.

En conclusión, este trabajo sería el primer estudio realizado en las islas Galápagos para la identificación de virus emergentes de ADN circular de cadena sencilla transmitidos por mosca blanca. Se debe prestar gran atención a los reservorios virales tanto de la maleza como de la mosca blanca (vector) para que, en caso de detectarse dichos virus, se implementen medidas de control que puedan minimizar el riesgo de transmisión a los cultivos y a plantas endémicas, de gran importancia económica y ecológica para las islas Galápagos.

En cuanto a lo personal, la participación en este proyecto permitió a los voluntarios desarrollar competencias profesionales y mejorar sus habilidades de investigación. Además, pudieron disfrutar la experiencia de vivir en uno de los lugares con mayor biodiversidad del planeta, y entablar amistad con los residentes de las islas, así como con voluntarios de diferentes lugares del mundo, dando la importancia que se merece a la cooperación internacional.



Figura 5. La voluntaria Rocío España tomando datos sobre las especies cultivadas y la maleza a su alrededor, así como los cuidados en la finca.

Referencias

- [1] UNESCO. “Reserva de la Biosfera Archipiélago de Colón – Galápagos (Ecuador)”. Disponible en: <https://es.unesco.org/biosphere/lac/galapagos> (Consulta: 3 de octubre de 2023).
- [2] Darwin, C. R. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. 1859. Disponible online
- [3] Phillips, R.B., Wiedenfeld, D.A. & Snell, H.L. (2012). Current status of alien vertebrates in the Galápagos Islands: invasion history, distribution and potential impacts. *BioInvasions* 14, 461-480. DOI:10.1007/s10530-011-0090-z
- [4] Navas-Castillo, J., Fiallo-Olivé, E., & Sánchez-Campos, S. (2011). Emerging Virus Diseases Transmitted by Whiteflies. *Annual Review of Phytopathology* 49:1, 219-248. DOI: 10.1146/annurev-phyto-072910-095235
- [5] Paz-Carrasco, L. C., Castillo-Urquiza, G. P., Lima, A. T. M., Xavier, C. A. D., Vivas-Vivas, L. M., Mizubuti, E. S. G., & Zerbini, F. M. (2014). Begomovirus diversity in tomato crops and weeds in Ecuador and the detection of a recombinant isolate of rhynchosia golden mosaic Yucatan virus infecting tomato. *Archives of Virology*, 159(8), 2127–2132. DOI:10.1007/s00705-014-2046-y
- [6] Mohammed, D., Adhab, M., & Al-Kuwaiti, N. (2021). Molecular characterization of viruses associated to leaf curl disease complex on zucchini squash in Iraq reveals Deng primer set could distinguish between New and Old World Begomoviruses. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 93(suppl 3), e20210050. DOI: 10.1590/0001-3765202120210050
- [7] Fiallo-Olivé, Elvira, Chirinos, Dorys, Castro, Rossana & Navas-Castillo, Jesús. (2018). A Novel Strain of Pepper Leafroll Virus Infecting Common Bean and Soybean in Ecuador. *Plant Disease*. 103. 10.1094/PDIS-06-18-1076-PDN. DOI:10.1094/PDIS-06-18-1076-PDN
- [8] Varun, P., Ranade, S.A. & Saxena, S. (2017). A molecular insight into papaya leaf curl—a severe viral disease. *Protoplasma* 254, 2055–2070. DOI: 10.1007/s00709-017-1126-8

QUE NO TE MIENTAN: NO EXISTE UNA CURA PARA EL CÁNCER

por CARMEN RUIZ MORENO

UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 41010, +34666037322

CRUIZMORENO13@GMAIL.COM

Palabras clave: cáncer, metástasis, tumor, mutaciones, medicina personalizada, investigación.

Keywords: cancer, metastasis, tumor, mutations, personalized medicine, investigation .

Resumen: A menudo los medios anuncian el descubrimiento de "la cura del cáncer", generando expectativas que no se corresponden con la realidad científica. Este artículo desmonta ese mito desde una perspectiva clara y accesible, explicando por qué no existe (ni existirá) una cura única para el cáncer.

Abstract: *The media often announces the discovery of "the cure for cancer," generating expectations that do not align with scientific reality. This article debunks that myth from a clear and accessible perspective, explaining why a single cure for cancer does not (and will not) exist.*



¿Cuántas veces habremos leído titulares en los periódicos, o escuchado en las noticias, que "se ha descubierto la cura del cáncer"? Yo, sinceramente, ya perdí la cuenta. Como bioquímica, este tipo de afirmaciones me hiere la sangre. Porque está bastante claro que no es una gran revelación científica, sino un clásico ejemplo de *clickbait* —o como diría mi madre, "eso que ponen para que piques, aunque luego no sea nada". Explicar por qué el cáncer nunca tendrá una cura no es complicado, pero para entenderlo bien, hay que retroceder un poco y observar las bases biológicas de la enfermedad. Pues bien, ¿qué es el cáncer? El cáncer no es una sola enfermedad, sino más bien un

proceso biológico complejo en el que las células del cuerpo pierden sus controles normales y comienzan a multiplicarse de forma descontrolada. Las células se desmadran cuando aparecen errores o mutaciones en el ADN que afectan a genes clave, especialmente aquellos que regulan el ciclo celular. Esto provoca una división incesante, que, al crecer sin freno, da lugar a lo que conocemos como tumores sólidos. A su vez, cuando las células tumorales adquieren la capacidad de desprenderse, entrar al torrente sanguíneo o al sistema linfático y colonizar otros órganos, hablamos de metástasis. Es en este momento cuando el cáncer se vuelve mucho más difícil de tratar, porque ya no

está limitado a una sola zona del cuerpo. Ahora hablamos de una enfermedad sistémica, que requiere un enfoque completamente diferente. Y aquí es donde comienza el gran malentendido.

¿Por qué no existe (ni existirá) una única cura para el cáncer?:

Una de las razones por las que la expresión “la cura del cáncer” es completamente errónea es porque da a entender que estamos hablando de una única enfermedad, como si tuviera una sola causa y, por tanto, pudiera resolverse con una única solución. Pero no es así. El cáncer no es una enfermedad; es un conjunto de enfermedades distintas, con comportamientos biológicos, causas y respuestas al tratamiento que pueden ser radicalmente diferentes entre sí. Un cáncer de mama no es lo mismo que un cáncer de páncreas, de próstata o de pulmón. Y dentro de esos mismos grupos, existen subtipos con diferencias moleculares que pueden parecer mínimas bajo el microscopio, pero que son cruciales a la hora de decidir cómo tratarlos. Por otro lado, y continuando con la idea de la “inteligencia” del cáncer, las células tumorales son increíblemente adaptativas: mutan, se ajustan a los tratamientos y, con el tiempo, desarrollan resistencia. Esto explica, por ejemplo, por qué algunos fármacos pueden ser efectivos al principio, pero luego dejan de funcionar. En otras palabras, el cáncer cambia constantemente, lo que hace imposible tratarlo como algo fijo o predecible. Para marear aún más a la perdiz, no solo varía el tumor, sino también la persona que lo padece. La edad, el estado del sistema inmunológico, las enfermedades previas, los hábitos y el entorno de cada paciente influyen de manera significativa. Por ello, un mismo tratamiento puede ser efectivo en una persona y completamente ineficaz (o incluso dañino) en otra.

Pero entonces... ¿No hay esperanza?:

¡Por supuesto que la hay! Si no, ¿para qué trabajaríamos codo con codo, día tras día, en los laboratorios de todo el mundo? Que no exista una única cura no significa que no haya muchas curas posibles. Gracias a décadas de investigación, hoy contamos con terapias dirigidas, inmunoterapia, tratamientos hormonales, radioterapias más precisas, y protocolos de prevención que han logrado salvar millones de vidas. Son, por tanto, millones de maneras diferentes en las que estamos haciendo frente al cáncer. Uno de los casos más conocidos y admirados a nivel mundial fue el de Jimmy Carter, expresidente de Estados Unidos, quien fue diagnosticado con un cáncer cerebral

en 2015. A los 91 años, su pronóstico inicial no era alentador: se trataba de un melanoma avanzado que había hecho metástasis en su cerebro. Sin embargo, tras someterse a un tratamiento de inmunoterapia con pembrolizumab (un tratamiento que estimula el sistema inmunológico para atacar las células cancerígenas), Carter sorprendió a todos al superar la enfermedad. Este caso demuestra cómo la ciencia y los tratamientos innovadores han logrado salvar vidas, incluso en situaciones en las que los pronósticos eran sumamente negativos. Casos como el suyo nos recuerdan que la investigación no solo salva vidas, también devuelve tiempo, dignidad y esperanza.

¿Qué futuro le espera a la investigación contra el cáncer?:

El futuro de la investigación es, sin duda alguna, extremadamente prometedor. Si bien no habrá una cura única, los tratamientos se están volviendo cada vez más precisos y personalizados, lo que aumentará las tasas de éxito y mejorará la calidad de vida de los pacientes. Con avances en inmunoterapia, medicina genética, diagnóstico temprano y prevención, el cáncer está dejando de ser una enfermedad fatal para convertirse en algo más tratable y manejable, con un pronóstico mucho más positivo que hace solo unas décadas. Como conclusión, quiero recalcar que, aun siendo el futuro esperanzador, esto dependerá de nuestro compromiso colectivo con la investigación científica. Si realmente deseamos un mundo donde el cáncer sea una enfermedad tratable y, en muchos casos, curable, necesitamos ofrecer a los científicos las herramientas necesarias para continuar su trabajo. Pero no solo eso, también es esencial que haya una financiación adecuada para alcanzar un futuro donde el cáncer deje de ser sinónimo de sufrimiento, y pase a ser una historia de esperanza y victorias.

Referencias

Roy, P., & Saikia, B. (2016). Cancer and cure: A critical analysis. *Indian Journal Of Cancer*, 53(3), 441. <https://doi.org/10.4103/0019-509x.200658>

Reilly, K. (2017, 20 enero). How Jimmy Carter Beat Cancer and Became the Oldest President to Attend an Inauguration. *TIME*. <https://time.com/4639799/jimmy-carter-beat-cancer-donald-trump-inauguration>

What is cancer? (2021, 11 octubre). Cancer.gov. <https://www.cancer.gov/about-cancer/understanding/what-is-cancer>

EL COLEGIO OFICIAL DE BIÓLOGOS DE ANDALUCÍA APUESTA POR EL TALENTO JOVEN: ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA DESTACAN EN LOS PREMIOS TFG DE LA ÚLTIMA CONVOCATORIA.

por M^a INMACULADA MANRIQUE POYATO¹ Y ELENA BAÑARES ESPAÑA².

¹DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA MOLECULAR Y BIOQUÍMICA, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA, ANDALUCÍA TECH, 29071 MÁLAGA, ESPAÑA. TELÉFONO: 952137625.

²DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA Y FISIOLOGÍA VEGETAL, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA, ANDALUCÍA TECH, 29071 MÁLAGA, ESPAÑA. TELÉFONO: 952133341.

IMANRIQUE@UMA.ES, ELBAES@UMA.ES

¿Sabías que existe una institución encargada de defender los derechos y los intereses de los biólogos andaluces y que, además, en los últimos años, viene apostando por el talento emergente desde las etapas más tempranas de nuestra formación? Se trata del Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía (COBA), una institución que representa, protege y sirve de guía a los biólogos andaluces, trabajando a diario para que nuestro papel en la sociedad sea reconocido y respetado.

Periódicamente, el COBA convoca sus Premios TFG, dirigidos a estudiantes de los grados en Biología, Bioquímica y de otras titulaciones afines que habiliten para la colegiación en esta entidad profesional. Están pensados como una vía para visibilizar la excelencia de los trabajos realizados por estudiantes de las universidades andaluzas. Estos premios no solo reconocen la calidad científica, sino también el esfuerzo, la originalidad y la capacidad de aplicar el conocimiento al entorno real.

En la edición de este año, la Universidad de Málaga ha tenido un papel especialmente relevante, dado que cuatro de los diez premios que se han otorgado han recaído en estudiantes de nuestra facultad, incluyendo el primer premio.

En las siguientes líneas te invitamos a conocer un poco más sobre el COBA, el grupo infoCOBA de nuestra facultad (punto de enlace entre los estudiantes y el colegio) y los trabajos premiados en la última edición.

¿Por qué existe el Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía y por qué es importante estar colegiado?:

Ser biólogo es mucho más que poseer un título, es formar parte de una comunidad profesional y colegiarse es dar el primer paso. Cuando eliges estar

colegiado, estás eligiendo no caminar solo y apostar tanto por tu futuro como por el de otros biólogos, haciendo que nuestra profesión tenga peso y visibilidad en la sociedad. De hecho, la ley reconoce la obligatoriedad de estar colegiado, entre otros, para el desempeño autónomo de la profesión, lo que, además, aporta un respaldo legal e institucional a las actividades y tareas desempeñadas por el biólogo.

¿Conoces al grupo infoCOBA de nuestra Facultad de Ciencias?:

Este grupo nació en 2023 y está formado por estudiantes del Grado en Biología y Bioquímica comprometidos que sirven de enlace entre el Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía y el estudiantado de nuestra facultad. Su labor incluye, además, la organización de actividades centradas en empleabilidad y emprendimiento, dinamizando encuentros, charlas y actividades enfocadas en orientar el futuro profesional desde la etapa universitaria.

Actividades organizadas en nuestra Facultad de Ciencias:

Por parte del Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía, el grupo infoCOBA y con la colaboración de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga, llevamos un tiempo organizando actividades formativas para los alumnos de los Grados en Biología y Bioquímica. Desde 2023 hemos celebrado tres ediciones de la “Semana de la Biología”, una iniciativa que aúna ciencia, orientación profesional y contacto directo con la realidad del entorno biotecnológico. Se han venido incluyendo visitas guiadas a espacios como el Jardín Botánico de nuestra facultad, el Jardín Botánico-Histórico La Concepción, los Servicios Centrales de Apoyo a la Investigación

(SCAI), el Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea “La Mayora” o las Bodegas Antonio Muñoz Cabrera-Dimobe, cuyo objetivo es que el alumnado experimente la Biología más allá del aula. De forma complementaria, se han incluido las jornadas “Y cuando me gradúe, ¿qué?”, que ofrecen un espacio de encuentro con profesionales del sector público, educativo, empresarial y divulgativo que comparten su experiencia con el fin de inspirar a los futuros biólogos y bioquímicos. Esta propuesta integral busca despertar vocaciones, reforzar la identidad profesional y visibilizar el impacto social de la Biología. Además, las dos últimas ediciones han incluido las convocatorias de sendos concursos de fotografía científica dirigidas al alumnado de nuestra Facultad de Ciencias, cuyas obras han sido expuestas con motivo de la reciente festividad de San Alberto. Asimismo, se han llevado a cabo dos ediciones de la actividad “En busca del Eureka”, en la que estudiantes que ya han defendido su Trabajo Fin de Grado vuelven a hacerlo para aquellos otros que se encuentran en vías de presentarlo, respetando el formato y los tiempos oficiales establecidos. El objetivo es dar a conocer el desarrollo de una defensa real, que permita a los asistentes ganar confianza, resolver dudas y preparar su exposición con mayor seguridad.

Premios TFG:

El Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía convoca periódicamente los Premios TFG, destinados a alumnos matriculados en las universidades andaluzas en cualquiera de las titulaciones que capacitan para ser colegiados.

Para poder optar al premio, los estudiantes han de cumplir una serie de requisitos, entre los que se incluye estar precolegiado en el COBA (o colegiado, si corresponde) y mantener esta condición al menos hasta el final de la convocatoria, considerada esta como la fecha oficial de entrega de premios.

El tribunal evaluador es designado por el COBA y está integrado por especialistas en las distintas áreas de conocimiento de la Biología que, entre los trabajos presentados, seleccionará los diez mejores y concederá el Primer, Segundo y Tercer Premio, otorgando accésits a aquellos que hayan quedado entre el cuarto y décimo puesto. Además, el TFG ganador del Primer Premio podrá ser publicado en la Revista-Memoria BioAndalucía que edita el COBA, en formato artículo.

En la última convocatoria, cuatro alumnos de nuestra facultad fueron premiados. Alfonso Bravo Paneque y Javier López San Sebastián, del Grado en Bioquímica, obtuvieron el Primer premio y mención

especial de accésit, respectivamente. Por su parte, Marta Carmona Padilla y Javier Castro Terol, del Grado en Biología, también recibieron mención especial de accésit.

A continuación, se ofrece un breve resumen de estos cuatro Trabajos Fin de Grado; dos de ellos se reproducen literalmente a partir del TFG oficial depositado para su defensa.

Primer premio

- “Caracterización epigenómica y transcriptómica de la memoria inmunológica en células B”, presentado por Alfonso Bravo Paneque.

La malaria sigue siendo una enfermedad potencialmente letal en regiones tropicales, en parte por la resistencia del parásito a los medicamentos y por la inmunidad natural, que es incompleta y de corta duración. Por ello, comprender cómo se genera y regula la memoria inmunológica es primordial para mejorar las estrategias de intervención y prevención actuales. Con este objetivo, en este estudio se analizaron e integraron datos de expresión y accesibilidad de la cromatina a nivel de célula única procedentes de células B de bazo de ratones, para estudiar los cambios en el sistema inmunitario ante una primera infección y una posterior reinfección con una cepa no letal de *Plasmodium*.

Estos análisis revelaron que los perfiles de expresión y accesibilidad de las diferentes subpoblaciones cambian sustancialmente en función del estado de infección, revelando mecanismos de adaptación funcional específica tras una infección primaria con respecto a una reinfección. Generalmente, en las diferentes subpoblaciones de células B identificadas durante la primera infección predominan genes y factores de transcripción asociados a la regulación inflamatoria, y en reinfección vinculados a la remodelación de la cromatina. Además, se hallaron posibles genes candidatos a regular la memoria inmunológica, como *Cd74*, altamente expresado en células B de memoria durante la primera infección, y *Cecr2*, más relevante en centroblastos durante la reinfección.

Estos hallazgos podrían ayudar a identificar mecanismos que pueden ser claves para favorecer una respuesta inmunitaria más eficiente ante la reexposición a patógenos infecciosos, para adquirir una memoria inmunológica más robusta y duradera.

Accésits

- “Estudio de la diferenciación *in vitro* de progenitores ependimarios en condiciones de hidrocefalia posthemorrágica y en cotrasplante con células madre mesenquimales”, presentado por Javier López San Sebastián.

“El epéndimo es el epitelio que recubre las paredes del sistema ventricular cerebral, y cumple importantes funciones relacionadas con el mantenimiento y homeostasis del sistema nervioso central. Por su ubicación, el epéndimo es un tejido que sufre de forma directa las consecuencias de las hemorragias en la matriz germinal y las hemorragias que drenan hacia el interior del ventrículo, que con frecuencia desembocan en hidrocefalia posthemorrágica. El objetivo de este trabajo de investigación fue elucidar el efecto que las condiciones presentes durante las hemorragias en la matriz germinal e intraventriculares tienen en la diferenciación de los progenitores ependimarios hacia epéndimo. Asimismo, se estudió el posible efecto terapéutico que la aplicación de células madre mesenquimales pudiera tener sobre el epéndimo en desarrollo en esas mismas condiciones. Se ha detectado que la sangre, el suero sanguíneo y el TNF α interfieren negativamente con la diferenciación ependimaria, mientras que las células madre mesenquimales la favorecen. Además, se ha determinado que las células madre mesenquimales incrementaron la supervivencia de progenitores ependimarios cuando ambas células fueron trasplantadas sobre explantes de pared ventricular afectados por hemorragias en la matriz germinal e intraventriculares. En conclusión, se estima que las células madre mesenquimales y los progenitores ependimarios son poderosas herramientas que merecen ser consideradas en el diseño de terapias para la hidrocefalia posthemorrágica”.

Además, el Trabajo Fin de Grado de Javier López San Sebastián ha sido publicado en la revista *Stroke* bajo el título “Design of a Stem Cell-Based Therapy for Ependymal Repair in Hydrocephalus Associated With Germinal Matrix Hemorrhages” (doi: 10.1161/STROKEAHA.123.044677).

- “Estudio de modelos de enfermedad del pez cebra”, presentado por Marta Carmona Padilla.

Enfermedades esqueléticas como la displasia esquelética congénita humana afectan la calidad de vida de miles de personas en todo el mundo. Es por ello de interés buscar animales modelo para reproducir los síntomas de las enfermedades y poder estudiarlas. En este sentido, el pez cebra se ha convertido en un modelo revolucionario, permitiéndonos estudiar con precisión los procesos de osificación y sus alteraciones.

Este estudio ofrece una visión detallada y rigurosa del desarrollo craneofacial en los primeros cinco días de vida del pez cebra, destacando el papel fundamental del gen Osterix, esencial para la formación ósea. Gracias al uso de técnicas avanzadas de microscopía y modelos transgénicos fluorescentes, hemos logrado visualizar con claridad cómo se forman los huesos y su red vascular, sentando las bases para nuevas investigaciones genéticas y farmacológicas.

Este estudio es relevante ya que estos hallazgos no solo amplían nuestro conocimiento sobre el desarrollo óseo en vertebrados, sino que también abren la puerta a la identificación de nuevas dianas terapéuticas para tratar displasias esqueléticas congénitas en humanos y muchas otras enfermedades óseas. Este trabajo es una pequeña aportación para el estudio de todas esas enfermedades óseas donde es posible utilizar el pez cebra como modelo.

Estamos convencidos de que este estudio facilitará futuros análisis genéticos y el desarrollo de tratamientos contra displasias esqueléticas congénitas humanas y muchas otras enfermedades óseas.

- “Reevaluación anatómica y reconstrucción virtual del ave fósil *Iberomesornis romerali* (Enantiornithes) mediante nano-CT”, presentado por Javier Castro Terol.

“*Iberomesornis romerali* fue un ave del grupo de las enantiornitas del Cretácico Temprano, descubierta en el yacimiento de Las Hoyas (Cuenca, España) y descrita originalmente en 1988. El holotipo LH-22 presenta una serie de caracteres que fueron importantes para trazar las relaciones filogenéticas y la evolución de Enantiornithes durante las décadas posteriores. A pesar de los concienzudos estudios anatómicos llevados a cabo sobre el holotipo, *I. romerali* no ha podido ser estudiado en toda su complejidad debido a que algunas partes del fósil quedaron ocultas por la matriz, cuando no aplastadas, confiriéndole el típico aspecto bidimensional que presentan muchos fósiles de aves del Mesozoico. En los últimos años, la aplicación de técnicas como la tomografía computarizada (CT) ha aumentado enormemente nuestra capacidad para estudiar los fósiles en toda su complejidad, extrayendo virtualmente el fósil de la roca. El presente trabajo ha servido como prueba del uso potencial de los escáneres nano-CT para el estudio de este tipo de fósiles de aves, en comparación con los ya conocidos micro-CT y sincrotrón. En este trabajo, presento la información obtenida a partir de los datos nano-CT de tres huesos de *I. romerali* (v.g., húmero, fúrcula y coracoides), así como sus reconstrucciones 3D. Estos huesos son importantes para la mecánica del vuelo,

ya que sostienen los músculos y las articulaciones que intervienen en el movimiento de las alas. Se ha podido acceder a estructuras anatómicas hasta ahora desconocidas en *I. romerali* y se ha confeccionado y llevado a cabo un protocolo de reconstrucción virtual que ha permitido invertir efectos de deformación tafonómica e inferir la morfología original. No se alcanzó la resolución nanométrica esperada pero los resultados demuestran que esta tecnología es válida para recuperar información anatómica y morfológica inaccesible por otras vías en fósiles de aves. Así, tras más de veinte años desde el último estudio anatómico sobre el holotipo de *I. romerali*, las técnicas de la paleontología virtual han permitido recuperar nueva información sobre este espécimen, que será la base para aumentar nuestro conocimiento sobre la ecomorfología de esta especie y la evolución de Enantiornithes en futuras investigaciones”.

Por su parte, el contenido de este Trabajo Fin de Grado también ha sido publicado en la revista *Geobios* bajo el título “Micro-CT reconstruction reveals new information about the phylogenetic position and locomotion of the Early Cretaceous bird *Iberomesornis romerali*” (doi: 10.1016/j.geobios.2024.11.006).

Como conclusión, el Colegio Oficial de Biólogos de Andalucía (COBA) renueva su compromiso premiando la excelencia académica de los estudiantes de Biología de las universidades andaluzas, estableciendo contacto directo con los futuros profesionales de la Biología y fomentando el vínculo con su Colegio Profesional. La gran calidad de los trabajos y la diversidad temática que abarcan cubre la amplia gama de competencias profesionales del biólogo y constituyen una valiosa contribución a la difusión científica y divulgativa.

MÁS QUE UN ESQUELETO: EL CITOESQUELETO SE ENSAMBLA Y DESENSAMBLA COMO BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN A NIVEL CELULAR

MORE THAN A SKELETON: THE CYTOSKELETON ASSEMBLES AND DISASSEMBLES LIKE BUILDING BLOCKS AT THE CELLULAR LEVEL

por **ELIZABETH ORTEGA SOTO¹, MARIO CHOPIN DOROTEO²**

¹LABORATORIO DE VIROLOGÍA, ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. MÉXICO

²LABORATORIO DE TEJIDO CONJUNTIVO, CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y ATENCIÓN DE QUEMADOS, INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN “LUIS GUILLERMO IBARRA IBARRA”. MÉXICO.

CHOPIN.MARIO@YAHOO.COM.MX

Palabras clave: *Actina, microtúbulos, filamentos intermedios.*

Keywords: *Actin, microtubules, intermediate filaments.*

Resumen: Las funciones, forma, y arquitectura de todo nuestro cuerpo se rigen por lo que sucede a nivel celular. A este nivel, proteínas (bloques) con la capacidad de ensamblarse y desensamblarse como piezas de construcción tipo LEGO forman el citoesqueleto, el cual está formado por filamentos de actina, intermedios, y microtúbulos que se adaptan y responden al cambio constantemente formando diversas estructuras que en conjunto le permiten a la célula mantener la forma, organizar, y transportar componentes internos (proteínas, organelos). Además, es indispensable para la realización de funciones básicas como son la división celular, la migración el anclaje a la matriz extracelular, y la comunicación celular.

Abstract: *The functions, shape, and architecture of our entire body are governed by what happens at the cellular level. At this level, proteins (building blocks) that can assemble and disassemble like LEGO-type building blocks form the cytoskeleton, which is made up of actin filaments, intermediates, and microtubules that adapt and respond to change constantly, forming various structures that together allow the cell to maintain its shape, organize, and transport internal components (proteins, organelles). In addition, it is essential for carrying out basic functions such as cell division, migration, anchoring to the extracellular matrix, and cellular communication.*

Introducción:

Sabemos que el esqueleto está formado por huesos, nos damos cuenta de su importancia y de algunas funciones relacionadas al soporte y movilidad cuando se sufre alguna fractura y/o se padece alguna enfermedad que afecte a los huesos. A nivel celular, las funciones de soporte, movimiento, migración, división y transporte de moléculas dentro de las células están asociadas al citoesqueleto, el cual está formado por proteínas que tienen la capacidad de ensamblarse y desensamblarse de manera organizada como si fueran bloques de construcción tipo LEGO (Fletcher y Mullins, 2010). El citoesqueleto es un elemento clave en la adaptación y respuesta a las condiciones ambienta-

les a las que son expuestas las células continuamente dentro del cuerpo. Para estudiar cómo funcionan las células, con frecuencia estas son aisladas del cuerpo y crecen en condiciones de laboratorio (Ortega-Soto y Chopin-Doroteo, 2023).

Conociendo el citoesqueleto:

El citoesqueleto está compuesto por proteínas que, en forma de analogía, funcionan como bloques de construcción, es decir, tienen la capacidad de ensamblarse (polimerizarse) y desensamblarse formando diversas estructuras. Estas proteínas se agrupan en tres principales tipos de filamentos (proteínas ensambladas) conocidos como filamentos de actina, microtúbulos y filamentos intermedios (figura 1).

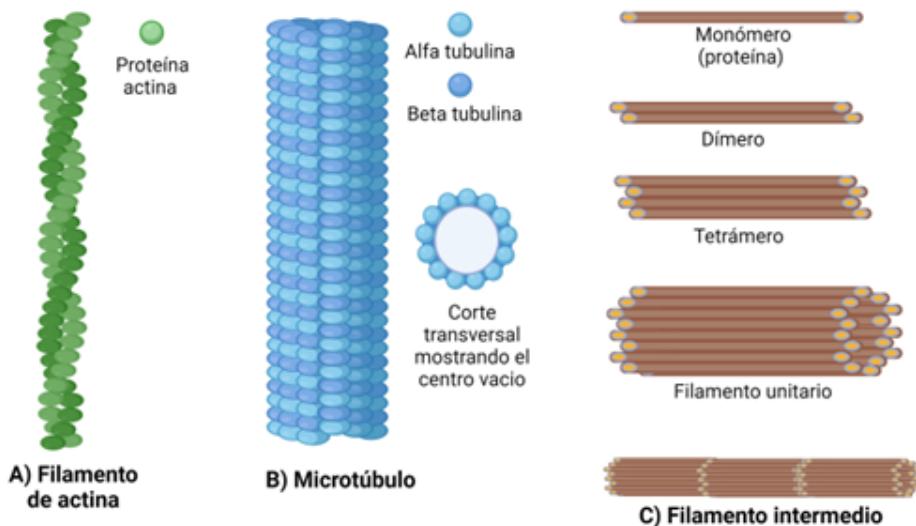


Figura 1. Esquema de los filamentos del citoesqueleto. A) Filamentos de actina formando estructuras en forma de hélice a partir de la proteína (bloque) actina. B) Microtúbulo formado por alfa y beta tubulina. C) Filamentos intermedios formados a partir de proteínas que se asocian a lo largo de su eje y la adición de filamentos unitarios en los extremos. Creado con BioRender. Krötzsch, E. (2025). <https://BioRender.com/z8ba6hn>

Los filamentos de actina se forman por la polimerización de la proteína actina que funciona como bloques de construcción para formar cadenas largas con forma de hélice (figura 1A). Estas cadenas pueden ramificarse o formar anillos, con ayuda de otras proteínas accesorias. Estructuras anulares se han observado durante la división de algunos tipos de células, se sugiere que este anillo estrangula a la célula como si fuera un lazo facilitando su división (Miller, 2011). El ensamblaje de la actina puede empujar a la membrana hacia adelante formando proyecciones que podemos observar al microscopio en forma de olanes (lamelipodios) y/o pequeñas puntas (filopodios). Cuando se despolimeriza la actina se favorece que la membrana se contraiga. Así la polimerización y despolimerización coordinadas en los extremos de la célula están asociadas a su desplazamiento (Hohmann y Dehghani, 2019). Además, la actina puede entrecruzarse con otras proteínas (actinina, filamina, miosina) para formar fibras de tensión, las cuales actúan como sensores mecánicos, ya que se pueden reorganizar dependiendo de las condiciones físicas del medio (rígido, suave), y estas ayudan a que la célula no se deforme por acción de fuerzas externas (extensión, compresión) (Fletcher y Mullins, 2010). En general, el citoesqueleto de actina ayuda a mantener la forma de la célula, participa en la movilidad y desplazamiento celular, así como en el anclaje o agarre físico a la red de proteínas que se encuentran fuera de la célula y que forman la matriz extracelular (figura 2).

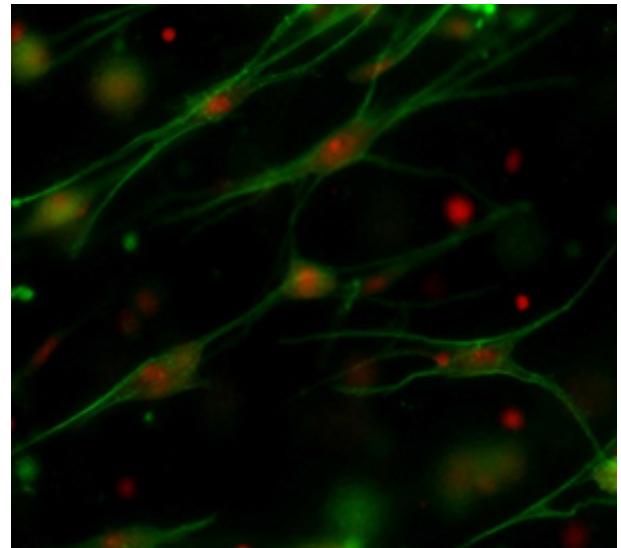


Figura 2. Células “fibroblastos” crecidas dentro de una matriz de colágeno. En verde se muestran los filamentos de actina teñidos con faloidina y en rojo el núcleo teñido con yoduro de propidio.

Los microtúbulos son estructuras tubulares huecas, formadas por el ensamblaje de las proteínas alfa y beta tubulina (figura 1B). El ensamblaje se realiza en los centros organizadores de microtúbulos localizados cerca del núcleo celular y de ahí crecen hacia la periferia (Sacanelles y Garay, 2017). Los microtúbulos forman un sistema de transporte de tipo carretera por donde familias de proteínas motoras (que actúan como autos) transportan diferentes cargas (organelos, vesículas, proteínas). Existen distintas proteínas motoras que llevan direcciones y velocidades específicas,

por ejemplo, la familia de quinesinas transporta del centro de la célula a la periferia, mientras que la familia de dineínas transporta de la periferia al centro. Se ha observado que, en condiciones experimentales se pueden presentar problemas de tránsito con zonas de baja velocidad con muchas proteínas motoras y zonas con pocas proteínas motoras y alta velocidad, con cambios abruptos en zonas de transición (Ross, 2012). Durante la división celular los microtúbulos forman estructuras semirrectas a lo largo de la célula llamados ejes mitóticos que ayudan a dirigir y separar a los cromosomas (Fletcher y Mullins, 2010). Además, los microtúbulos participan en la formación de flagelos y cilios. Los flagelos son estructuras en forma de látigo cuyo movimiento ayuda al desplazamiento de células como los espermatozoides, mientras que los cilios son estructuras cortas que generan movimiento ondulatorio para mover líquidos y moléculas (polvo) en células del aparato respiratorio (Sacanelles y Garay, 2017).

Los filamentos intermedios son muy variados, a diferencia de los filamentos de actina y microtúbulos, están formados por diversas proteínas y cada tipo de célula presentan filamentos intermedios específicos, es importante resaltar que las células pueden presentar al mismo tiempo más de un tipo de filamento intermedio. Algunos ejemplos de estos filamentos son las queratinas (presente en cabello, uñas y piel), desmina (presente en células musculares) y neurofilamentos (presente en neuronas). Las proteínas que forman estos filamentos se enrollan a lo largo formando dímeros (dos proteínas enrolladas), los cuales se asocian con otros dímeros hasta formar un filamento unitario. La agregación de filamentos unitarios en los extremos forma los filamentos intermedios (figura 1C) (Hohmann y Dehghani, 2019), los cuales se comportan a nivel celular como cables o sogas flexibles y resistentes que ayudan a la célula a soportar fuerzas de tensión (estiramiento). Los filamentos forman redes interconectadas que rodean el núcleo celular y se distribuyen por todo el citoplasma. Estas redes de filamentos pueden modificar la viscosidad del citoplasma, ayudan a organizar de manera espacial componentes internos como son vesículas (sacos que contienen moléculas), mitocondrias (organelos donde se genera energía), y el aparato Golgi (complejo de membranas necesarios en la fabricación y empaquetamiento de proteínas). Además, ayudan a estabilizar los sitios de unión entre células y de la célula con su matriz extracelular. Estas asociaciones proporcionan la fuerza tensil que evita que los tejidos se rompan (Ndiaye y col., 2022).

Conclusiones:

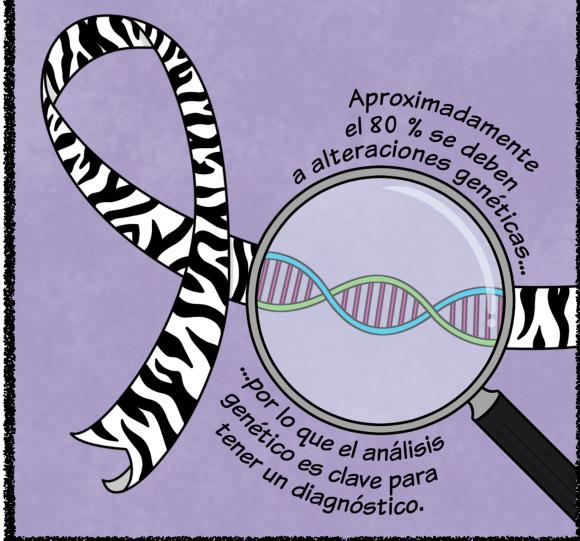
El citoesqueleto tiene algunas similitudes con los bloques de construcción diseñados para construir diferentes estructuras a partir de piezas clave (proteínas). Estas piezas se pueden reciclar para formar nuevas estructuras dependiendo de las necesidades de la célula. En conjunto el citoesqueleto realiza funciones esenciales para mantener la vida celular, que incluyen dar forma, y volumen a la célula, permite organizar internamente los componentes celulares (núcleo, mitocondrias, vesículas, etc), participa en la conexión física entre células, y en la comunicación de las células con el medio externo. Además, ayuda a generar las fuerzas necesarias para el movimiento, desplazamiento, y división de las células.

Bibliografía:

- Fletcher, D. A., & Mullins, R. D. (2010). Cell mechanics and the cytoskeleton. *Nature*, 463(7280), 485-492. <https://doi.org/10.1038/nature08908>
- Hohmann, T., & Dehghani, F. (2019). The cytoskeleton a complex interacting meshwork. *Cells*, 8(4), 362. <https://doi.org/10.3390/cells8040362>
- Miller A. L. (2011). The contractile ring. *Current biology*. 21(24), R976-R978. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.10.044>
- Ndiaye, A. B., Koenderink, G. H., & Shemesh, M. (2022). Intermediate filaments in cellular mechanoresponsiveness: mediating cytoskeletal cross-talk from membrane to nucleus and back. *Frontiers in cell and developmental biology*, 10, 882037. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.882037>
- Ortega-Soto, E & Chopin-Doroteo, M. (2023). Cell cultures: a laboratory tool for studying viruses. *Front. Young Minds*. 11:943570. <https://doi.org/10.3389/frym.2023.943570>
- Ross J. L. (2012). The impacts of molecular motor traffic jams. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(16), 5911–5912. <https://doi.org/10.1073/pnas.1203542109>
- Sacanelles, R. S., & Garay, J. S. A. (2017). El citoesqueleto: un componente fundamental en la arquitectura y en la fisiología celular. *Revista de Educación Bioquímica*, 35(4), 102-114. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2016/reb164c.pdf>

BIO COMIC

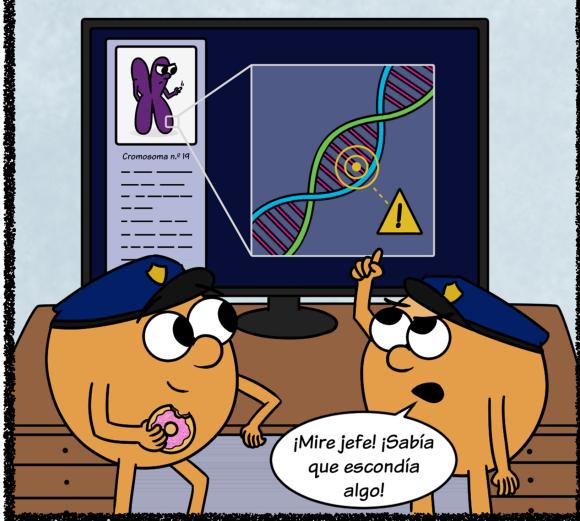
Las enfermedades raras o poco frecuentes son las que afectan a una proporción muy pequeña de la población. En Europa, una enfermedad se considera rara cuando la padecen **menos de 5 personas por cada 10 000 habitantes**.



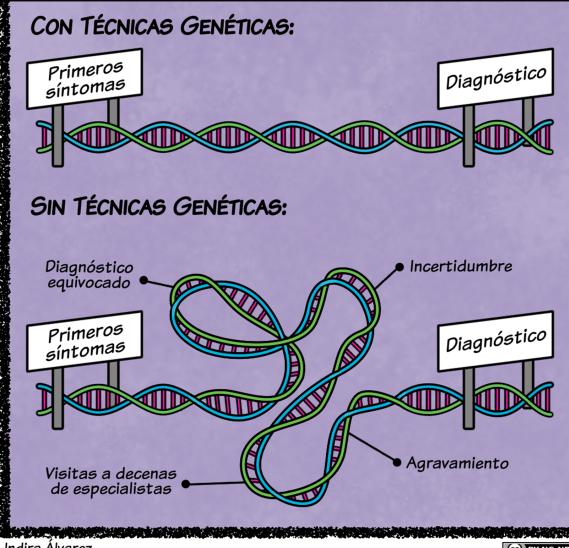
El cariotipo es una técnica de análisis genético que ofrece una vista panorámica de todos los cromosomas, por lo que es útil para detectar pérdidas o ganancias de trozos grandes o incluso de cromosomas completos.



Otras técnicas detectan defectos más sutiles. Así, los arrays rastrean y resaltan zonas concretas del genoma en las que hay pequeñas duplicaciones o pérdidas; mientras que la secuenciación masiva analiza letra por letra toda la composición del genoma en busca de erratas.



Poner nombre a la enfermedad cuanto antes evita el sufrimiento debido a la incertidumbre y permite buscar el tratamiento más adecuado. El análisis genético es vital para acortar el tiempo que transcurre desde el inicio de los síntomas hasta el diagnóstico.



Indira Álvarez

CC BY-NC-ND



Indira Álvarez, bióloga y creadora de Co-
miCiencia.

Sobre el autor

Soy Licenciada en Biología por la Universidad de León (ULE), donde también cursé el Máster en Innovación en Ciencias Biomédicas y de la Salud. Fascinada por la biomedicina, accedí a la Formación Sanitaria Especializada (BIR) y trabajé 4 años en el Hospital Central de Asturias (Oviedo), donde obtuve la especialidad de Bioquímica Clínica. Durante ese tiempo, también me involucré en un proyecto de investigación centrado en la búsqueda de biomarcadores de preeclampsia, lo que me permitió defender mi tesis doctoral en Biología Molecular y Celular. Mi trayectoria laboral siempre ha estado guiada por mis dos pasiones: la ciencia y la comunicación científica. Tras un tiempo como investigadora posdoctoral en el Departamento de Ciencias Biomédicas de la ULE, colgué la bata unos años para trabajar como redactora médica. Actualmente, fiel al binomio ciencia-comunicación, trabajo como técnica de laboratorio en el INDEGSAL de la ULE y mantengo la divulgación científica en el terreno personal, con mi proyecto de divulgación ComiCiencia.

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, sxw/odt (OpenOffice/LibreOffice), doc/docx (MS-Word) o tex (LATEX). Manuscritos largos pueden dividirse en varias partes que aparecerán 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 de acuerdo con la norma APA. Ver ejemplos en la plantilla. 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: cualquier tipo de contribución ha de enviarse en formato electrónico a: <https://revistas.uma.es/index.php/enbio>
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.

Desde *Encuentros en la Biología*, animamos a todos los lectores a acercarse al mundo de la Divulgación Científica a través de la microcredencial “Divulgación científica escrita: Una perspectiva diferente de la ciencia”. La impartirá online la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA) en colaboración la plataforma divulgativa *The Conversation* y con profesores de la Universidad de Málaga y Sevilla, del *National Geographic* y del Hospital La Paz de Madrid. Es un curso de 4 ECTS, dirigida por la Dra. Victoria de Andrés, Profesora Titular de la UMA y divulgadora científica en más de 21 países, donde siguen sus artículos cerca de dos millones de lectores en 179 periódicos y revistas.

Será un curso muy práctico, donde técnica y experiencia de profesionales acreditados favorecerán una enseñanza que, a buen seguro, hará disfrutar a los matriculados. La comodidad de hacer el curso online permitirá el acceso a todos los interesados, independientemente de su lugar de residencia y sus horarios de disponibilidad. Además, esta modalidad de estudios permitirá la acumulación de créditos con sucesivas microcredenciales hasta completar una formación en divulgación científica constitutiva de categoría máster.

Toda la información y la vía de matriculación la podéis encontrar en <https://www.unia.es/estudios-y-acceso/oferta-academica/ciencias/divulgacion-cientifica-escrita-una-perspectiva-diferente-de-la-ciencia..>