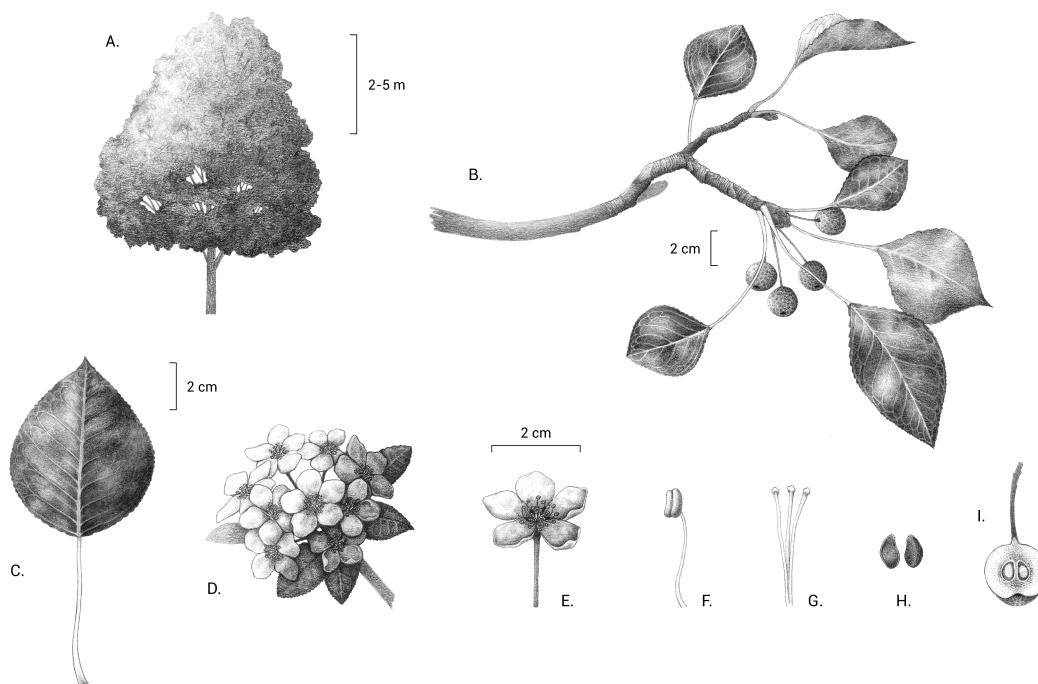


# Encuentros en la **b**iología



**PERAL DE CALLERY**  
*Pyrus calleryana* Decne

A. Porte; B. Rama frutal; C. Hoja; D. Inflorescencia; E. Flor;  
F. Estambre; G. Pistilo; H. Semillas; I. Interior del fruto

Tortugas marinas en la costa  
de Málaga

Virus contra la inmunidad en  
plantas

Homenaje a Jacques Monod  
y a su obra

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

COMITÉ EDITORIAL EJECUTIVO

- Juan A. Pérez Claros  
[johnny@uma.es](mailto:johnny@uma.es)  
Paleontología  
*Director.*
- Ramón Muñoz-Chápuli  
[chapuli@uma.es](mailto:chapuli@uma.es)  
Biología del desarrollo y cardiovascular  
*Director adjunto:  
Coordinación de la edición electrónica, foros de la ciencia*
- Elena Rojano Rivera  
[elenarojano@uma.es](mailto:elenarojano@uma.es)  
Bioinformática y biología de sistemas. *Directora adjunta: Maquetación*

COMITÉ EDITORIAL ASOCIADO

- Ana Grande Pérez  
[agrande@uma.es](mailto:agrande@uma.es)  
Genética-virología, Patogénesis virales. *Jóvenes científicos*
- Antonio Diéguez  
[dieguez@uma.es](mailto:dieguez@uma.es)  
Filosofía de la ciencia

*A debate, recensiones*

- Beatriz Martínez Poveda  
[bmpoveda@uma.es](mailto:bmpoveda@uma.es)  
Biología molecular del cáncer y enfermedades cardiovasculares
- Enrique Viguera  
[eviguera@uma.es](mailto:eviguera@uma.es)  
Genética y genómica  
*Eventos especiales*
- Francisco José Villena  
[francis.villena@icloud.com](mailto:francis.villena@icloud.com)  
*Jóvenes científicos*
- José M<sup>a</sup> Pérez Pomares  
[jmperezp@uma.es](mailto:jmperezp@uma.es)  
Biología del desarrollo y cardiovascular  
*Entrevistas*
- M. Gonzalo Claros  
[claros@uma.es](mailto:claros@uma.es)  
Bioquímica, biología molecular y bioinformática.  
*Escribir bien no cuesta trabajo*
- Miguel Á. Medina Torres  
[medina@uma.es](mailto:medina@uma.es)  
Biología molecular y de sistemas, biofísica y bioquímica

*Monitor*

- Belén Delgado Martín  
[belendm@uma.es](mailto:belendm@uma.es)  
Bioquímica y biología molecular. *Maquetación*
- José Córdoba Caballero  
[josecordoba@uma.es](mailto:josecordoba@uma.es)  
Bioinformática y biología de sistemas. *Maquetación*
- Jesús Olivero  
[jesusolivero@uma.es](mailto:jesusolivero@uma.es)  
Zoogeografía y biodiversidad animal
- Juan Antonio Guadix Domínguez  
[jaguadix@uma.es](mailto:jaguadix@uma.es)  
Desarrollo embrionario, diferenciación celular y biología de células madre
- Juan Carlos Codina  
[jccodina@uma.es](mailto:jccodina@uma.es)  
Microbiología, educación secundaria
- Luis Rodríguez Caso  
[caso@eelm.csic.es](mailto:caso@eelm.csic.es)  
Técnicas de laboratorio
- María Rosa López Ramírez  
[mrlopez@uma.es](mailto:mrlopez@uma.es)

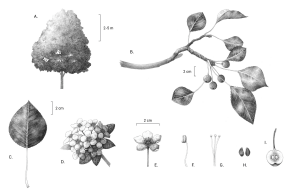
Química física,  
astronomía

- Rafael Antonio Cañas Pendón  
[rcanas@uma.es](mailto:rcanas@uma.es)  
Biología Molecular de plantas
- A. Victoria de Andrés Fernández  
[deandres@uma.es](mailto:deandres@uma.es)  
Biología animal aplicada  
*Directora de Ciencia Sin Límites*
- Héctor Valverde Pareja  
[hvalverde@uma.es](mailto:hvalverde@uma.es)  
Biología evolutiva molecular  
*Maquetación y difusión*

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



PERAL DE CALLERY. A. Druce & Henry Ford. C. Hoop & Hoffmann. E. F. & G. H. & I. J. & K. L. & M. N. & O. P. & Q. R. & S. T. & U. V. & W. X. & Y. Z. & AA. & AB. & AC. & AD. & AE. & AF. & AG. & AH. & AI. & AJ. & AK. & AL. & AM. & AN. & AO. & AP. & AQ. & AR. & AS. & AT. & AU. & AV. & AW. & AX. & AY. & AZ. & BA. & BB. & BC. & BD. & BE. & BF. & BG. & BH. & BI. & BJ. & BK. & BL. & BM. & BN. & BO. & BP. & BQ. & BR. & BS. & BT. & BU. & BV. & BW. & BX. & BY. & BZ. & CA. & CB. & CC. & CD. & CE. & CF. & CG. & CH. & CI. & CJ. & CK. & CL. & CM. & CN. & CO. & CP. & CQ. & CR. & CS. & CT. & CU. & CV. & CW. & CX. & CY. & CZ. & DA. & DB. & DC. & DD. & DE. & DF. & DG. & DH. & DI. & DJ. & DK. & DL. & DM. & DN. & DO. & DP. & DQ. & DR. & DS. & DT. & DU. & DV. & DW. & DX. & DY. & DZ. & EA. & EB. & EC. & ED. & EE. & EF. & EG. & EH. & EI. & EJ. & EK. & EL. & EM. & EN. & EO. & EP. & EQ. & ER. & ES. & ET. & EU. & EV. & EW. & EX. & EY. & EZ. & FA. & FB. & FC. & FD. & FE. & FF. & FG. & FH. & FI. & FJ. & FK. & FL. & FM. & FN. & FO. & FP. & FQ. & FR. & FS. & FT. & FU. & FV. & FW. & FX. & FY. & FZ. & GA. & GB. & GC. & GD. & GE. & GF. & GG. & GH. & GI. & GJ. & GK. & GL. & GM. & GN. & GO. & GP. & GQ. & GR. & GS. & GT. & GU. & GV. & GW. & GX. & GY. & GZ. & HA. & HB. & HC. & HD. & HE. & HF. & HG. & HH. & HI. & HJ. & HK. & HL. & HM. & HN. & HO. & HP. & HQ. & HR. & HS. & HT. & HU. & HV. & HW. & HX. & HY. & HZ. & IA. & IB. & IC. & ID. & IE. & IF. & IG. & IH. & II. & IJ. & IK. & IL. & IM. & IN. & IO. & IP. & IQ. & IR. & IS. & IT. & IU. & IV. & IW. & IX. & IY. & IZ. & JA. & JB. & JC. & JD. & JE. & JF. & JG. & JH. & JI. & JJ. & JK. & JL. & JM. & JN. & JO. & JP. & JQ. & JR. & JS. & JT. & JU. & JV. & JW. & JX. & JY. & JZ. & KA. & KB. & KC. & KD. & KE. & KF. & KG. & KH. & KI. & KJ. & KK. & KL. & KM. & KN. & KO. & KP. & KQ. & KR. & KS. & KT. & KU. & KV. & KW. & KX. & KY. & KZ. & LA. & LB. & LC. & LD. & LE. & LF. & LG. & LH. & LI. & LJ. & LK. & LL. & LM. & LN. & LO. & LP. & LQ. & LR. & LS. & LT. & LU. & LV. & LW. & LX. & LY. & LZ. & MA. & MB. & MC. & MD. & ME. & MF. & MG. & MH. & MI. & MJ. & MK. & ML. & MN. & MO. & MP. & MQ. & MR. & MS. & MT. & MU. & MV. & MW. & MX. & MY. & MZ. & NA. & NB. & NC. & ND. & NE. & NF. & NG. & NH. & NI. & NJ. & NK. & NL. & NM. & NN. & NO. & NP. & NQ. & NR. & NS. & NT. & NU. & NV. & NW. & NX. & NY. & NZ. & OA. & OB. & OC. & OD. & OE. & OF. & OG. & OH. & OI. & OJ. & OK. & OL. & OM. & ON. & OO. & OP. & OQ. & OR. & OS. & OT. & OU. & OV. & OW. & OX. & OY. & OZ. & PA. & PB. & PC. & PD. & PE. & PF. & PG. & PH. & PI. & PJ. & PK. & PL. & PM. & PN. & PO. & PP. & PQ. & PR. & PS. & PT. & PU. & PV. & PW. & PX. & PY. & PZ. & QA. & QB. & QC. & QD. & QE. & QF. & QG. & QH. & QI. & QJ. & QK. & QL. & QM. & QN. & QO. & QP. & QQ. & QR. & QS. & QT. & QU. & QV. & QW. & QX. & QY. & QZ. & RA. & RB. & RC. & RD. & RE. & RF. & RG. & RH. & RI. & RJ. & RK. & RL. & RM. & RN. & RO. & RP. & RQ. & RR. & RS. & RT. & RU. & RV. & RW. & RX. & RY. & RZ. & SA. & SB. & SC. & SD. & SE. & SF. & SG. & SH. & SI. & SJ. & SK. & SL. & SM. & SN. & SO. & SP. & SQ. & SR. & SS. & ST. & SU. & SV. & SW. & SX. & SY. & SZ. & TA. & TB. & TC. & TD. & TE. & TF. & TG. & TH. & TI. & TJ. & TK. & TL. & TM. & TN. & TO. & TP. & TQ. & TR. & TS. & TT. & TU. & TV. & TW. & TX. & TY. & TZ. & UA. & UB. & UC. & UD. & UE. & UF. & UG. & UH. & UI. & UJ. & UK. & UL. & UM. & UN. & UO. & UP. & UQ. & UR. & US. & UT. & UY. & UZ. & VA. & VB. & VC. & VD. & VE. & VF. & VG. & VH. & VI. & VJ. & VK. & VL. & VM. & VN. & VO. & VP. & VQ. & VR. & VS. & VT. & VU. & VV. & VW. & VX. & VY. & VZ. & WA. & WB. & WC. & WD. & WE. & WF. & WG. & WH. & WI. & WJ. & WK. & WL. & WM. & WN. & WO. & WP. & WQ. & WR. & WS. & WT. & WU. & WV. & WW. & WX. & WY. & WZ. & XA. & XB. & XC. & XD. & XE. & XF. & XG. & XH. & XI. & XJ. & XK. & XL. & XM. & XN. & XO. & XP. & XQ. & XR. & XS. & XT. & XU. & XV. & XW. & XX. & XY. & XZ. & YA. & YB. & YC. & YD. & YE. & YF. & YG. & YH. & YI. & YJ. & YK. & YL. & YM. & YN. & YO. & YP. & YQ. & YR. & YS. & YT. & YU. & YV. & YW. & YX. & YY. & YZ. & ZA. & ZB. & ZC. & ZD. & ZE. & ZF. & ZG. & ZH. & ZI. & ZJ. & ZK. & ZL. & ZM. & ZN. & ZO. & ZP. & ZQ. & ZR. & ZS. & ZT. & ZU. & ZV. & ZW. & ZX. & ZY. & ZZ.

*Pyrus calleryana* Decne., peral de Callery o peral de flor, es un frutal de origen asiático muy popular como árbol ornamental debido a su gran capacidad de adaptación. En esta ilustración botánica se muestran las características taxonómicas de la especie. Su porte mediano, simétrico y frondoso, con forma cónica de joven, se torna piramidal cuando madura. Las hojas son ovaladas, con el margen crenado y ondulado, de ápice puntiagudo y redondeadas en la base. Sus flores blancas se agrupan en ramilletes y tienen cinco pétalos radiales, estambres púrpuras y pistilo dividido en tres. Sus frutos son pequeñas peras semi-redondas, de color ocre y con un leve moteado en relieve y que contienen una o dos semillas. Los elementos se dibujaron individualmente a grafito y luego recibieron tratamiento digital, manteniendo el blanco y negro característico de la primera técnica para garantizar la correcta identificación. Esto se debe a que el uso de color en este tipo de recursos puede verse condicionado por las variaciones de tonalidad que presentan los ejemplares entre sí, las distintas calibraciones de pantallas en entornos digitales y la de las impresoras para obtener soportes físicos. Es por eso que los jardines botánicos suelen decantarse por esta modalidad cromática para sus láminas y la razón de que esta ilustración siga dicha corriente. El Arboretum de Leioa del Campus de Bizkaia de la UPV/EHU, fue quien me proporcionó el material físico de referencia para elaborar una placa identificativa para sus instalaciones. Dada la buena acogida por el Arboretum, decidí crear una composición alternativa propia que fue la que presenté al II Concurso de Ilustración Científica de la UMA, donde consiguió una mención especial.

María Candamil López  
(maria@candamil.es) Mención especial del II Concurso de Ilustración Científica 2020, Universidad de Málaga

## Índice

Editorial	4
La imagen comentada	5
Estrategias víricas contra el silenciamiento génico en plantas	7
<i>Bougainvillea spectabilis</i> willd. como planta alóctona para la flora de la península ibérica	12
Recensión. «El azar y la necesidad» de Jacques Monod	16
Celebrando a Jacques Monod medio siglo después de la publicación de «El azar y la necesidad»	18
Anecdotario científico	20

---

## Editorial

---

Una célula eucariota es la misma entidad estructural tanto si se encuentra formando parte del cuerpo de un organismo pluricelular como si se trata de un organismo de vida libre, como por ejemplo un protozoo. Sin embargo, no son entidades equivalentes desde el punto de vista de la selección natural, pues a diferencia de la segunda, la primera no es un individuo (del latín *individuus* «indivisible»). El individuo aquí (en tanto que unidad selectiva) es el organismo pluricelular del que forma parte.

Un protozoo debe ser capaz de hacerlo todo por él mismo, no sólo alimentarse o reproducirse sino que su maquinaria intracelular debe de cumplir con las mil y una funciones necesarias para mantenerse vivo en un entorno que tarde o temprano se le volverá hostil. Por el contrario, una célula dentro de organismo pluricelular puede desatender muchas funciones (incluso básicas) si son suplidas por la actividad de otras. Lo que debe funcionar es el conjunto de ellas interaccionando armoniosamente como un todo.

Quizás sesgado por mi condición de biólogo, me gus-

ta considerar el conjunto de las personas que trabajamos para *Encuentros* como las células de un superorganismo que atienden las distintas tareas individuales para que «el todo» continúe funcionando. Al fin y al cabo, una revista es una tarea colectiva. Sin embargo, esta metáfora necesita de una explicación. Las personas que trabajan para Encuentros no son el comité editorial, o al menos, no son sólo las que componen dicho comité: son por lo menos todas aquellas que contribuyen con los contenidos. Queremos que esta sea la casa de todos los que tienen algo que compartir dentro de cualquiera de las materias relacionadas con la Biología. Pero es más, querido lector, si me apuran también te incluyo en como parte de este superorganismo, no sólo como potencial autor, sino que *Encuentros en la Biología* no tiene sentido sin ti al otro lado. Desde aquí te invitamos sinceramente a que te sientas parte de este proyecto.

Juan Antonio Pérez Claros

eb

---

---

## La imagen comentada



Juvenil de *Caretta caretta* liberado el 1 de octubre de 2021.

### TORTUGAS MARINAS EN LA COSTA DE MÁLAGA

El retorno al mar de 39 ejemplares juveniles de tortuga boba (*Caretta caretta*) que se produjo el pasado 1 de octubre en la playa de Cabopino, en Marbella, supone el fin de un evento histórico en las costas malagueñas.

La anidación de tortugas marinas es un fenómeno poco habitual en nuestras costas, y aún menos habitual en la costa malagueña, por lo que no es de extrañar que la llegada en agosto de 2020 de una hembra *Caretta caretta* en la playa de los Boliches en Fuengirola llamase poderosamente la atención de población y medios.

Dicho evento forma parte de un fenómeno de anidaciones esporádicas de esta especie que se llevan produciendo cada vez con más frecuencia desde 2001<sup>[1]</sup>. Un estudio realizado en 2016<sup>[2]</sup> sugiere que estas anidaciones se producen en playas densamente pobladas, lo cual no es de extrañar teniendo en cuenta el despótico urbanismo del que adolece el litoral mediterráneo Español y que, junto con otras prácticas, nos coloca como el tercer peor país del mundo para las tortugas marinas, seguido por Taiwán y Japón<sup>[3]</sup>. A menudo esto hace necesario el traslado del nido a playas más seguras e incubación monitorizada, o centros preparados para ello

tales como centros de recuperación de fauna marina, acuarios y/o zoológicos. Estos esfuerzos realizados por diversas entidades ayudan a la concienciación sobre las anidaciones, los problemas a los que se enfrentan estos animales en su hábitat natural (ingesta de plástico<sup>[4]</sup> anzuelos, artes de pesca, atropello por embarcaciones pesqueras y recreativas, etc.) y aumentan los esfuerzos de conservación de forma local<sup>[1]</sup>.

Estas anidaciones esporádicas surgen como estrategia de mitigación de las hembras de estas especies ante las anormalmente altas temperaturas de sus zonas de anidación típicas debido al cambio climático. ¿Por qué son necesarias estas estrategias? El sexo de todas las tortugas marinas se determina según la temperatura de incubación, a mayor temperatura, mayor número de hembras<sup>[5]</sup>. La influencia de este factor ambiental puede llevar a la feminización de poblaciones, que eventualmente lleva a la desaparición de la población, y a la alteración de las conductas normales de anidación<sup>[6]</sup>.

Debido a estos eventos, es posible que nos enfrentemos a un aumento en los eventos de anidación en nuestras costas en los años venideros como se viene

registrando en la costa este del litoral mediterráneo peninsular<sup>[1]</sup>. Tal vez esta podría ser la bandera de un cambio a unas costas más amables con el medio, para que al retorno de estas pequeñas liberadas, puedan desovar en playas renaturalizadas y limpias.

## Referencias

- [1] Tomás, J., Abella, E., Abalo-Morla, S., Revuelta, O., Belda, E. y Marco, A. (Febrero 2018) *They keep coming: conservation strategies in response to the increasing number of loggerhead sea turtle nesting events in the spanish mediterranean* [Comunicación en congreso]. 38th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Kobe, Japan.
- [2] Tomás, J., Abella, E., Revuelta, O., Carreras, C., Cardona, L., Eymar, J., ... & Marco, A. (2016). *Viability and management of nesting events at high latitudes: implications on the reduction of the impact of climate warming on sea turtles*. Conference Paper: 36th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. Lima (Peru).
- [3] Spotila, J. R. (2004) *Sea Turtles*. p. 76-77
- [4] Pfaller, J. B., Goforth, K. M., Gil, M. A., Savoca, M. S., & Lohmann, K. J. (2020). *Odors from marine plastic debris elicit foraging behavior in sea turtles*. *Current Biology*, 30(5), R213-R214.
- [5] Standora, E. A., & Spotila, J. R. (1985). *Temperature dependent sex determination in sea turtles*. *Copeia*, 711-722.
- [6] Jensen, M. P., Allen, C. D., Eguchi, T., Bell, I. P., LaCasella, E. L., Hilton, W. A., ... & Dutton, P. H. (2018). *Environmental warming and feminization of one of the largest sea turtle populations in the world*. *Current Biology*, 28(1), 154-159.

Susana María Santamera de los Ríos y Juan José Gallardo Fernández

---

---

## ESTRATEGIAS VÍRICAS CONTRA EL SILENCIAMIENTO GÉNICO EN PLANTAS

por MIRIAM MOYA BARRIENTOS, MARÍA RIVERO CARRANZA Y CRISTINA VIÚDEZ PAREJA

GRADO EN BIOQUÍMICA, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

**RESUMEN:** Los virus de plantas han desarrollado estrategias de evasión del silenciamiento genético, la principal vía de defensa ante patógenos intracelulares. Existen dos fenómenos de silenciamiento de RNA en plantas, el silenciamiento génico transcripcional y el silenciamiento génico postranscripcional, que se lleva a cabo gracias a proteínas Dicer y RNAs de pequeño tamaño. Para hacer frente a estas defensas, los virus de plantas presentan diversas estrategias, entre las que destacan las proteínas supresoras del silenciamiento.

**ABSTRACT:** *Plant viruses have developed strategies to evade genetic silencing, which is the main defense of plants against intracellular pathogens. There are two types of RNA silencing in plants: transcriptional silencing and postranscriptional silencing, which involves Dicer proteins and small RNAs. In order to fight these defenses, plant viruses encode suppressor proteins.*

## Introducción

Las plantas son organismos sésiles que presentan mecanismos sofisticados de inmunidad innata capaces de desencadenar defensas exitosas ante patógenos invasores potenciales. Sin embargo, existen agentes infecciosos capaces de evadir el reconocimiento y/o suprimir el mecanismo de defensa del huésped<sup>[1]</sup>.

Por su parte, los virus son patógenos intracelulares obligados absolutamente dependientes de la maquinaria celular del huésped para multiplicarse y propagarse<sup>[2]</sup>. Estos han desarrollado diferentes estrategias con el fin de evadir el sistema inmune de las plantas, entre otros organismos, mediante la codificación de proteínas específicas contra el silenciamiento genético del hospedador<sup>[3]</sup>.

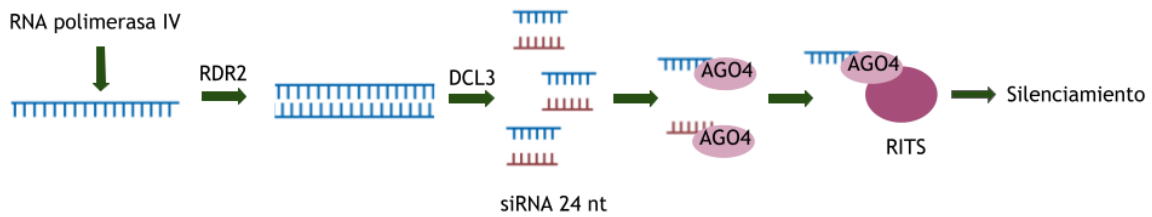
## Silenciamiento de RNA en plantas

El silenciamiento de RNA o *RNA interference* (RNAi) es uno de los mecanismos de defensa que presentan las plantas. Se trata de un fenómeno conservado evolutivamente en el que, mediante un mecanismo específico de secuencia, se controla la defensa

frente a ácidos nucleicos invasivos como transposones, transgenes y virus<sup>[4]</sup>.

Se conocen dos fenómenos de silenciamiento en las plantas: el silenciamiento génico transcripcional (TGS) y silenciamiento génico postranscripcional (PTGS), que utiliza pequeños RNA reguladores (*small RNAs*, sRNAs) dirigidos específicamente a los ácidos nucleicos invasores<sup>[5]</sup>.

**1. Silenciamiento génico transcripcional (TGS).** Este proceso comienza con la acción de la RNA polimerasa IV dando lugar a RNA de cadena simple (ssRNA), los cuales pasan a RNA de doble cadena (dsRNA) por la acción de la RNA polimerasa dependiente de RNA 2 (RDR2). Por su parte, DCL3 (proteína similar a Dicer 3 o *Dicer-Like 3*) se encarga de generar los RNAs pequeños interferentes (siRNA) de 24 nucleótidos gracias a su dominio RNAasa tipo III. Estos siRNAs se asocian a la proteína Argonau- ta 4 (AGO4) dando lugar finalmente al complejo transcripcional de silenciamiento inducido por RNA (RITS), que actúa como una hebra guía para la formación de heterocromatina y la metilación<sup>[5,6]</sup>.

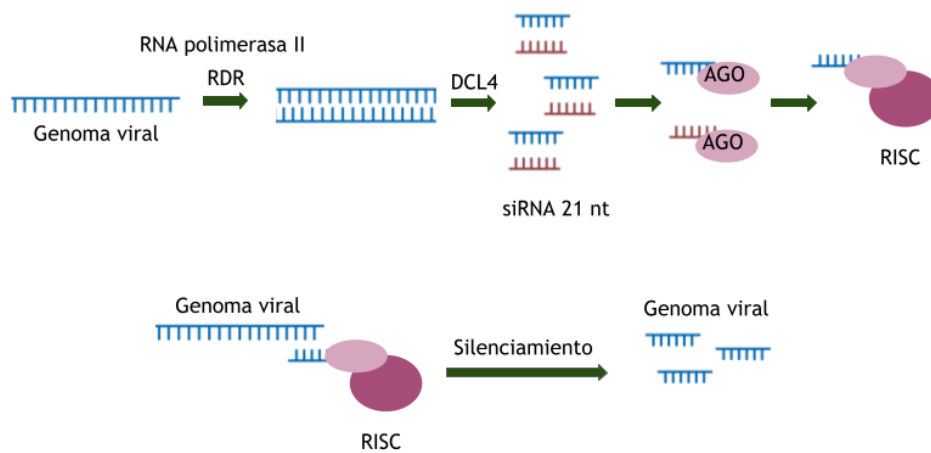


**Figura 1. Mecanismo molecular del silenciamiento génico transcripcional (TGS).** La RNA polimerasa IV origina el RNA de cadena sencilla que es tomado por la RNA polimerasa dependiente de RNA 2 (RDR2). Esta polimerasa sintetiza la cadena complementaria del RNA generando el RNA de doble cadena, el cual es fragmentado por la proteína similar a Dicer 3 (DCL3) en RNAs interferente de pequeño tamaño (siRNA) de 24 nucleótidos (nt). La proteína argonata 4 (AGO4) capta estos siRNAs y se asocia al complejo transcripcional de silenciamiento inducido por RNA (RITS). De esta manera, RITS actúa como guía para el silenciamiento del genoma viral. Figura de elaboración propia.

**2. Silenciamiento génico postranscripcional (PTGS).** El primer paso del PTGS es la síntesis de dsRNA o de un *hairpin* de RNA (hpRNA) a partir del genoma viral, ya sea por la RDR de los virus de RNA o por la RNA polimerasa II celular si es un virus de DNA. El dsRNA formado es el sustrato, en este caso, de DCL4, que genera siRNAs de 21 nt [4,5,6,7]. Los siRNAs procesados son llevados por la proteína AGO al componente efector, conocido como complejo de silenciamiento inducido por RNA (RISC). RISC se encarga de romper la cadena de RNA mensajero (mRNA) viral por la unión complementaria del siRNA al

mRNA, generando el dúplex siRNA-mRNA [4,5,6]. De esta manera, los RNA o los transcritos de DNA viral son eliminados por PTGS [5].

**3. microRNAs.** La transcripción de los genes MIR de la planta por parte de la RNA polimerasa II genera transcritos dsRNA que, cuando se procesan por la DCL1, generan microRNAs (miRNAs). Los miRNAs regulan negativamente la expresión génica por apareamiento de bases a mRNAs específicos (monocatenarios), resultando en la rotura del mRNA o en la detención de la traducción del mismo [4,6,7].



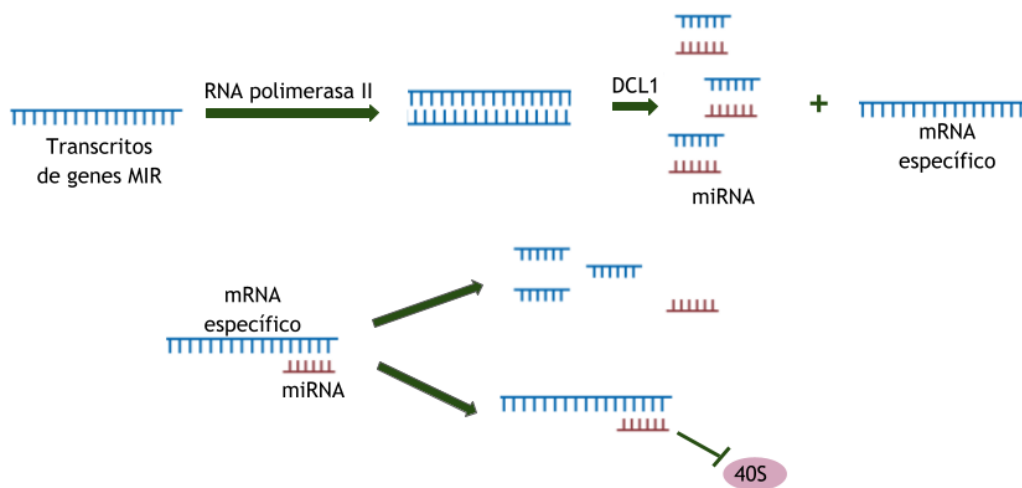
**Figura 2. Mecanismo molecular del silenciamiento postranscripcional (PTGS).** El genoma viral monocatenario es tomado por la RNA polimerasa II (virus de DNA) o por la RNA polimerasa dependiente de RNA de un virus RNA para formar la cadena complementaria (dsRNA). A continuación, la proteína similar a Dicer 4 (DCL4) origina RNAs interferentes de pequeño tamaño (siRNA) de 21 nucleótidos (nt). La proteína argonata (AGO) capta estos siRNAs y se asocia al complejo de silenciamiento inducido por RNA (RISC). De esta manera, RISC reconoce al genoma viral y se encarga de fragmentarlo. Figura de elaboración propia.



### Estrategias víricas para escapar del silenciamiento

Al mismo tiempo que las plantas han ido estableciendo barreras y defensas para protegerse de las infecciones, los virus han desarrollado estrategias para contrarrestarlas y contraatacar. La mayor parte de

los virus de plantas presenta genes que codifican proteínas supresoras del silenciamiento de RNA (VSRS, *viral suppressors of RNA silencing*). Además, algunos RNAs virales presentan estructuras secundarias protectoras, que impiden su degradación por el sistema de silenciamiento, o se encuentran en compartimentos que no están accesibles para la maquinaria de silenciamiento de la planta<sup>[7]</sup>.



**Figura 3. Mecanismo molecular de silenciamiento mediante miRNAs.** Los transcritos de los genes MIR son tomados por la RNA polimerasa II para generar el RNA de doble cadena (dsRNA). Estos dsRNAs son fragmentados por la proteína similar a Dicer 1 (DCL1) generando microRNA (miRNA). El miRNA reconoce mensajeros de RNA (mRNA) específicos, lo que da pie a la degradación del mismo o a la detección de su traducción al no permitir la unión de la subunidad pequeña ribosomal (40S). Figura de elaboración propia.

Las proteínas supresoras del silenciamiento presentan una gran diversidad, pero pueden clasificarse en cuatro grupos atendiendo al paso del silenciamiento con el que interfieren<sup>[8]</sup>:

- Supresores que se unen a dsRNA impidiendo su procesamiento por DCL.
- Supresores que degradan o sequestran siRNAs antes de que se unan a su diana.
- Supresores que actúan sobre AGO y RISC.
- Supresores que bloquean la propagación sistémica de las señales de silenciamiento.

Además, muchas de estas proteínas supresoras actúan en varios niveles del silenciamiento, interfiriendo con varios pasos del proceso.

**1. Supresores que se unen a dsRNA.** Estos supresores se unen a la molécula de dsRNA con el fin de protegerla de la actividad de DCL, con lo que se evitaría la generación de siRNA y se detendría el silenciamiento en la etapa más inicial<sup>[3]</sup>. Algunos supresores de este tipo presentan especificidad por el

tamaño, es decir, se unen de forma selectiva según el número de nucleótidos del dsRNA. Esta especificidad permite interferir con la respuesta antiviral sin dañar excesivamente a la planta al no interferir con dsRNA largos y endógenos<sup>[9]</sup>. Asimismo, también existen supresores que se unen al dsRNA independientemente de su tamaño, como es el caso de las proteínas P14 de aureusvirus y CP del virus del arrugado del nabo (TCV; familia *Tombusviridae*, género *Betacarmovirus*).

Por otra parte, los supresores presentan distintos requerimientos estructurales para unirse al dsRNA, es decir, sólo se unen al dsRNA cuando este presenta una determinada estructura<sup>[10]</sup>. Como ejemplo de este tipo de supresores está la proteína P14 de aureusvirus, que forma complejos con siRNAs de doble cadena de 21 a 26 nucleótidos y con dsRNA de mayor tamaño. Esta proteína puede unirse a ambas moléculas y suprimir el silenciamiento inducido por *hairpins*, previniendo así la acumulación de siRNAs<sup>[9]</sup>.

**2. Supresores que degradan o sequestran siRNAs.** El segundo grupo de supresores está constituido por proteínas que impiden que el siRNA se una

a su diana complementaria. En este grupo se conoce bien el mecanismo de acción de la proteína P19 del virus del enanismo arbustivo del tomate (TBSV; familia *Tombusviridae*, género *Tombusvirus*). En este caso, un homodímero de P19 forma una estructura alrededor del siRNA, de modo que no puede ser incorporado a un RISC activo<sup>[7]</sup>. La unión al siRNA ocurre independientemente de su secuencia<sup>[10]</sup>; sin embargo, esta proteína muestra especificidad por los siRNAs de 21 nucleótidos<sup>[3]</sup>.

### 3. Supresores que actúan sobre AGO y RISC.

Los mecanismos a través de los cuales los supresores actúan sobre AGO consisten en la inhibición de la proteína o la activación de su degradación. La principal consecuencia de este mecanismo es que se inhibe la función del complejo RISC y no se puede continuar con el silenciamiento.

En este grupo de supresores se encuentra la proteína P38 de la cápside del TCV<sup>[13]</sup>. Durante una infección por TCV la proteína de la cápside P38 reprime el silenciamiento actuando como un homodímero que se une específicamente a AGO1, la cual carga preferencialmente los siRNAs de 22 nucleótidos generados por la infección de estos virus. P38 mimetiza proteínas del huésped necesarias para el ensamblaje y funcionamiento de RISC. La proteína de la cápside se acumula durante la multiplicación viral, de manera que secuestra AGO1 y previene que interactúe con las moléculas de siRNA y miRNA, evitando su ensamblaje y en consecuencia su carga al complejo<sup>[13]</sup>. Por otra parte, se ha observado que la inactivación de AGO1 mediada por el supresor P38 tiene un impacto en la disponibilidad de proteínas Dicers.

Otros supresores, como la proteína F-box (P0) de los polerovirus, median la degradación de la proteína AGO. Esta acción es indirecta puesto que P0 interactúa con proteínas implicadas en la degradación de AGO1. Como consecuencia de la acción del supresor se produce la degradación de la proteína a través de autofagia<sup>[15]</sup>.

### 4. Supresores que bloquean la propagación sistémica.

La supresión de la actividad de las proteínas RDR supone una diana perfecta para muchos VSRs, ya que de ella depende la amplificación de la señal a otros tejidos. Por tanto, sin esta actividad se facilitarían la diseminación y replicación viral en otras zonas de la planta<sup>[16]</sup>. Sin embargo, existen otros mecanismos que también permiten bloquear la propagación del silenciamiento, de ahí la variedad de supresores.

La proteína P15 del virus del macizo del cacahuate (PCV; familia *Virgaviridae*, género *Pecluvirus*) une

siRNAs y los lleva a los peroxisomas, donde son degradados, impidiendo que se propaguen por la célula<sup>[17]</sup>. Otro de los supresores que actúan a este nivel es la proteína V2 del virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV; familia *Geminiviridae*, género *Begomovirus*). Se plantea que interactúa con la proteína SGS3, que es cofactor de RDR6, compitiendo por la unión de dsRNA<sup>[12]</sup>.

### 5. Supresores que actúan a más de un nivel.

La proteína HC-Pro de potyvirus es una proteína que ejerce múltiples funciones, entre las cuales se encuentra su acción como supresor, interfiriendo a diferentes niveles del silenciamiento. Existen diferencias en la actividad y en la conformación activa de esta proteína en los diferentes potyvirus, pudiendo formar dímeros o multímeros<sup>[18]</sup>.

En el caso del virus del grabado del tabaco (TEV), esta proteína se une al siRNA y lo secuestra, impidiendo así su ensamblaje en el complejo RISC. Se ha observado que tiene especificidad por siRNAs de 21 nucleótidos<sup>[3]</sup>. También puede interferir con dos enzimas clave del ciclo de la metionina, de modo que inhiben la metilación de los siRNA virales<sup>[18,19]</sup>.

## Conclusión

El silenciamiento génico de RNA supone una sofisticada defensa contra patógenos intracelulares. Aun así, el desarrollo de numerosas estrategias víricas frente a diferentes niveles de esta ruta compromete su efectividad. Los supresores víricos del silenciamiento presentan gran diversidad de estructura y de mecanismos de acción, de manera que hay supresores que actúan en diferentes puntos de la ruta de silenciamiento, pero también hay supresores que interrumpen varios puntos. El objetivo final de estos es interferir con las defensas de la planta para lograr una infección exitosa.

## Referencias

- [1] Gouveia, B. C., Calil, I. P., Machado, J. P. B., Santos, A. A. y Fontes, E. P. (2017). Immune receptors and co-receptors in antiviral innate immunity in plants. *Frontiers in microbiology*, 7, 2139.
- [2] Boualem, A., Dogimont, C. y Bendahmane, A. (2016). The battle for survival between viruses and their host plants. *Current opinion in virology*, 17, 32-38.
- [3] Li, F. y Ding, S. W. (2006). Virus counterdefense: diverse strategies for evading the RNA-silencing immunity. *Annu. Rev. Microbiol.*, 60, 503-531.
- [4] Zvereva, A. S. y Pooggin, M. M. (2012). Silencing and innate immunity in plant defense against viral and non-viral pathogens. *Viruses*, 4 (11), 2578-2597.

- [5] Muthamilarasan, M. y Prasad, M. (2013). Plant innate immunity: An updated insight into defense mechanism. *Journal of biosciences*, 38(2), 433-449.
- [6] Wang, M. B. y Metzloff, M. (2005). RNA silencing and antiviral defense in plants. *Current opinion in plant biology*, 8(2), 216-222.
- [7] Baulcombe, D. (2004). RNA silencing in plants. *Nature*, 431(7006), 356-363.
- [8] Prasad, A., Sharma, N., Muthamilarasan, M., Rana, S. y Prasad, M. (2019). Recent advances in small RNA mediated plant-virus interactions. *Critical reviews in biotechnology*, 39(4), 587-601.
- [9] Mérai, Z., Kerényi, Z., Kertész, S., Magna, M., Lakatos, L. y Silhavy, D. (2006). Double-stranded RNA binding may be a general plant RNA viral strategy to suppress RNA silencing. *Journal of virology*, 80(12), 5747-5756.
- [10] Danielson, D. C. y Pezacki, J. P. (2013). Studying the RNA silencing pathway with the p19 protein. *FEBS letters*, 587(8), 1198-1205.
- [11] Mérai, Z., Kerényi, Z., Molnár, A., Barta, E., Válóczy, A., Bisztray, G., Havelda, Z., Burgyán, J. y Silhavy, D. (2005). Aureusvirus P14 is an efficient RNA silencing suppressor that binds double-stranded RNAs without size specificity. *Journal of virology*, 79(11), 7217-7226.
- [12] Burgyán, J. y Havelda, Z. (2011). Viral suppressors of RNA silencing. *Trends in plant science*, 16(5), 265-272.
- [13] Azevedo, J., Garcia, D., Pontier, D., Ohnesorge, S., Yu, A., Garcia, S., Braun, L., Bergdoll, M., Hakimi, M. A., Lagrange, T. y Voinnet, O. (2010). Argonaute quenching and global changes in Dicer homeostasis caused by a pathogen-encoded GW repeat protein. *Genes & development*, 24(9), 904-915.
- [14] Baumberger, N., Tsai, C. H., Lie, M., Havecker, E. y Baulcombe, D. C. (2007). The P1 protein of the P1/P2 virus silencing suppressor P0 targets ARGONAUTE proteins for degradation. *Current biology: CB*, 17(18), 1609-1614.
- [15] Pumplin, N. y Voinnet, O. (2013). RNA silencing suppression by plant pathogens: defence, counter-defence and counter-counter-defence. *Nature Reviews Microbiology*, 11(11), 745-760.
- [16] Csorba, T., Kontra, L. y Burgyán, J. (2015). Viral silencing suppressors: Tools forged to fine-tune host-pathogen coexistence. *Virology*, 479-480, 85-103.
- [17] Daròs J. A. (2017). Viral suppressors: Combatting RNA silencing. *Nature plants*, 3, 17098.
- [18] Bao, W., Yan, T., Deng, X. y Wuriyangan, H. (2020). Synthesis of Full-Length cDNA Infectious Clones of Soybean Mosaic Virus and Functional Identification of a Key Amino Acid in the Silencing Suppressor Hc-Pro. *Viruses*, 12(8), 886.
- [19] Ivanov, K. I., Eskelin, K., Bašić, M., De, S., Löhmus, A., Varjosalo, M. y Mäkinen, K. (2016). Molecular insights into the function of the viral RNA silencing suppressor HCPro. *The Plant journal: for cell and molecular biology*, 85(1), 30-45.
- 
-

# PRIMERA CITA CONOCIDA DE *BOUGAINVILLEA SPECTABILIS* WILLD. COMO PLANTA ALÓCTONA PARA LA FLORA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

por CARLOS MANUEL RUBÍ RUIZ

GRADO EN BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

CARLOS RUBIRUIZ5@UMA.ES

*Palabras clave:* *Bougainvillea spectabilis*, España, Almería, Europa, naturalizada, alóctona, buganvilla, nyctaginaceae.

**RESUMEN:** El presente trabajo pretende exponer la primera cita reportada hasta la fecha de *Bougainvillea spectabilis* como planta alóctona naturalizada en el medio natural en la Península Ibérica, y por primera vez en Europa. El fin del trabajo es reportar la existencia de esta especie como existente en nuestra zona e incluirla en un catálogo de flora alóctona.

**ABSTRACT:** *The present work aims to expose the first reported appointment to date of **Bougainvillea spectabilis** as an alien plant naturalized in the natural environment in the Iberian Peninsula, and for the first time in Europe. The purpose of the work is to report the existence of this species as existing in our area and include it in a catalog of non-native flora.*

## Introducción

El género *Bougainvillea* fue descrito por plantas que Philibert Commerson recolectó en la expedición de Louis Antoine de Bougainville, explorador francés, en Río de Janeiro, Brasil, en 1767<sup>[1]</sup>. Uno de estos especímenes fue descrito por Antoine Laurent de Jussieu en 1789 en la obra «*Genera Plantarum*»<sup>[2]</sup>, pero *B. spectabilis* como especie fue formalmente descrita por Carl Ludwig Willdenow en 1799. Previamente Lamarck había hecho un grabado en cobre de la especie en 1793<sup>[3]</sup>. Ya era conocida su existencia en Brasil y Europa, pero sin publicar, siendo esta publicación un análisis crítico de sinónimos y valor taxonómico. Willdenow lo publicó en «*Species Plantarum editio 4*»<sup>[4]</sup>. Esta enredadera es ampliamente cultivada en Europa y otras regiones del mundo, siendo una planta que requiere de climas cálidos, como lo son los de la región mediterránea.

Algunas semillas fueron traídas de Brasil por Jeanne Beret, quien las plantó en Francia, en el «*Jardin du Roi*» (Ridley 2010)<sup>[5]</sup>. Sin embargo, hay autores que rechazan esta teoría (Loudon 1832<sup>[6]</sup>; Jacques 1834<sup>[7]</sup>; Paxton 1846; Hérincq 1850<sup>[8]</sup>), alegando que la planta debió de ser traída más tarde, y coincidiendo en que 1829 fue el año en que se cultivó la planta por primera vez en Europa, siendo Mr Claussen su recolector. El hallazgo de *B. spectabilis* en Almería es un hecho sumamente relevante para el conocimiento de la flora alóctona, pues se trata de la primera cita de la de la especie como naturalizada en la Península Ibérica. Otras especies como *B. glabra* han sido ya citadas (Keigher, 2010)<sup>[9]</sup> como naturalizadas en otros lugares, habiendo alguna cita difusa para el

sur peninsular, sin autoría ni características que las hagan verosímiles. El objetivo de este artículo es dar a conocer la existencia de la planta y su impacto medioambiental, ya que es un hecho único en el estudio de la flora alóctona. La existencia de *B. spectabilis* como naturalizada es clara en ciertos países de África, Australia, Península Arábiga y algunos estados insulares de América, siendo este un descubrimiento a nivel europeo, lo que incrementa la importancia del estudio. Además, la inexistencia de citas previas evidencia su dificultad de adaptación en nuestra zona y su naturalización en el medio natural, otro hecho pendiente de estudio, así como su impacto para la flora autóctona.



**Figura 1.** Aguijones de *B. spectabilis* (Imágen de Julio Alberto Hurrel).

## Descripción

Se consideran sinónimos de esta planta: *Bougainvillea peruviana* Bonpl. (1808), *Bougainvillea speciosa* Schnizl. (1850), *Bougainvillea bracteata* Pers. (1805), *Bougainvillea brasiliensis* Raeusch (1797), *Bougainvillea brasiliensis* Lund ex Choisy (1849), *Bougainvillea spectabilis* var. *hirsutissima* J.A. Schmidt (1872), *Bougainvillea spectabilis* var. *parviflora* Mart ex J.A. Schmidt (1872), *Bougainvillea virescens* Choisy (1849) y *Bougainvillea spectabilis* var. *virescens* J.A. Schmidt (1872), y su basónimo *Bougainvillea spectabilis* var. *typica* Willdenow (1799)<sup>[10,11,12]</sup>



**Figura 2.** Clara pubescencia (presencia de abundante pilosidad) en nervios y tallos. (Imagen de Santiago Gómez Torregrosa).

*B. spectabilis* es fácilmente confundible con *B. glabra* Choisy (1849) y el híbrido que forman, *B. x buttiana*, Holtum & Standl (1944), especies también cultivadas extensamente en el globo. *B. spectabilis* es una planta arbustiva o arborescente, perennifolia, espinosa de tronco leñoso, que alcanza gran altura debido a su hábito trepador, lo que la hace una planta de extendido uso ornamental, siendo fácil encontrarla tapizando muros o fachadas. Este hábito trepador se debe a los aguijones que presenta en sus tallos (figura 1). Dentro de su gran variedad de cultivares, sus brácteas florales, que se hayan en la base de las flores dispuestas en grupos de tres, oscilan del morado intenso al rosáceo y naranja. El ovario se convierte en un fruto que contiene semillas, si bien *B. spectabilis* se reproduce usualmente de forma vegetativa. Las inflorescencias, en flor durante todo el año si las condiciones son óptimas, presentan tres flores de color blanquecino o crema poco vistosas y con largo tubo floral. Las hojas, son ovadas o levemente lanceoladas, sobre todo las jóvenes

Éstas son pubescentes en ambos lados de la hoja, especialmente en el envés y los nervios (figura 2), así

como los tallos. Esta característica la diferencia de *B. glabra*, como el epíteto indica, esta última esglabrescente (sin pilosidad) tanto en el tallo como en las hojas, éstas más lanceoladas y de naturalización más amplia. *B. spectabilis* habita selvas templadas de clima húmedo y cálido, formando enredaderas. Originaria de Brasil, como indica Willdenow (1799), Colombia y Perú, aunque su distribución original es muy confusa debido a su cultivo.

Como se puede observar en las plantas de la población hallada presentan las características definitorias de *B. spectabilis*, que la diferencian de *B. glabra* u otros taxones, hojas ovado-lanceoladas, pubescentes, así como pubescencia también en los tallos.



**Figura 3.** Inflorescencias de *B. spectabilis*. Brácteas de color púrpura.

## Material y métodos

El estudio de la población se llevó a cabo en febrero de 2020, durante el hallazgo inintencionado de la misma en una visita a la zona con fines recreativos. Al percatarse de la rareza que suponía encontrar allí esta especie asilvestrada, rápidamente se tomaron las fotografías presentes y se identificó la especie según sus características propias. Unos días más tarde, se volvió a la zona para llevar a cabo la labor de investigación. Inicialmente, se recogieron pliegos para

herbario y se tomaron más fotografías. Después se hizo un recuento de los individuos y se pudo observar la tendencia de crecimiento de la población, así como los individuos originales. Más tarde enumeramos las especies vegetales de interés que rodean la zona en la que se encuentra la población. El resto del trabajo se realizó en condiciones externas a la zona.



Figura 4. Hojas oval-lanceoladas. Pubescentes.



Figura 5. Hábito de la planta sobre el roquedo calcáreo.

## Resultados

### LOCALIZACIÓN



Figura 6. Población estudiada de la especie. ALMERÍA: 36.8516972, -2.4645333333333337 Almería capital, Rambla Belén. Roquedo junto a la carretera.

Se ha podido observar que el origen de esta población naturalizada está en 2-3 ejemplares cultivados en el jardín de una vivienda abandonada. Por acción del viento, las semillas/esquejes de estos ejemplares han dado lugar a la población asilvestrada, que se distribuye por un roquedo calcáreo. (figura 6).

La población, que cuenta con entre 21-23 individuos, está dividida, a su vez, en dos conjuntos separados entre sí por un espacio entre 5 y 6 metros (Figs. 9 y 10), cada uno de ellos con un ejemplar de tamaño superior al resto, que debe ser cultivado o el primero en naturalizarse en la zona, a partir del cual aparecen los demás. La tendencia creciente de la población observada en hechos tales como la inexistencia de plantas muertas, la floración y fructificación de las mismas, la existencia de individuos tanto envejecidos como jóvenes y la extensión que se observa, nos demuestra que seguramente lleguen a unirse en no mucho tiempo.

Una observación interesante es que las plantas se disponen en grietas sobre el cortado faltando o siendo muy pocas sobre la loma del cerro. Seguramente un hecho casual debido a la ubicación de los dos ejemplares principales.

Las especies vegetales que conforman el hábitat de la planta son: las alóctonas *Austrocylindropuntia subulata*, *Phoenix dactylifera*, *Washingtonia robusta*, *Opuntia ficus-indica* y *Schinus molle*, las tres primeras plantadas en el jardín de la finca y posteriormente naturalizadas. Como autóctonas de interés se encuentran la abundante *Salsola oppositifolia*, *Lapiedra martinezii*, *Lafuentea rotundifolia*, *Capparis spinosa* var. *canescens*, *Pinus halepensis*, *Aristolochia baetica*, *Ceratonia siliqua*, *Whitania frutescens*, *Antirrhinum mollissimum*, *Sedum sediforme*, *Macrochloa tenacissima* y *Ballota hirsuta*.

Además de las herbáceas anuales *Oxalis pes-caprae*, *Asphodelus tenuifolius* o *Calendula arvensis*.

El pequeño tamaño de la población y su leve aclimatación al ecosistema no parece suponer de primeras un problema hacia el mismo, debido a su escasez. Sin embargo, (Santa Cruz, Bocourt, González y Pérez, 2015), incluyen la planta en la obra «Especies exóticas invasoras y potencialmente invasoras presentes en el Jardín Botánico Orquideario Soroa, Artemisa, Cuba»<sup>[13]</sup> como potencialmente invasora. Así mismo Negi y Hajra (2007)<sup>[14]</sup>, como otros autores (Khuroo, Weber, Malik, Reshi, Dar, 2011)<sup>[15]</sup>, la indican como invasora en India. Aun así, estos lugares donde la planta parece suponer un problema, poseen un clima muy distinto al nuestro, similar al de las regiones de origen de la especie, y donde por lo tanto debe de estar mejor aclimatada que aquí, aunque Gilman (1999)<sup>[16]</sup> indica su tolerancia a muchos tipos climáticos. Gilman señala que no tiene potencial invasor conocido. La lentitud del crecimiento de su población y la costosa adaptación que presenta esta, no la convierte por el momento en un competidor para la flora autóctona. Un dato a tener en cuenta es que, siendo una planta ornamental tan común en todo nuestro territorio, es extraño que no haya evidencias de naturalización previas. Aunque por ahora no se considera un peligro, podría serlo en un futuro.



Figura 7. Ambas subpoblaciones en su hábitat.



Figura 8. Subpoblación 1. Nótese el ejemplar original.

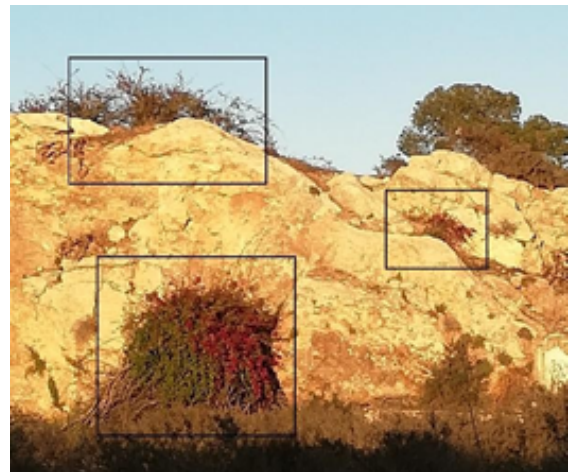


Figura 9. Subpoblación 2.

## Referencias

- [1] P. Edwards 1983: *Plants of Madeira, Brazil and Tierra del Fuego*. — Pp. 46–75 in: D. J. Carr (ed.), Sydney Parkinson. Artist of Cook's Endeavour Voyage. — London: Croom Helm.
- [2] A.-L. de Jussieu 1789: *Genera plantarum secundum ordines naturales disposita*. — Parisiis: Hérisnant & Th. Barrois.
- [3] J. B. A. P. Monnet de Lamarck 1793: *Tableau encyclopédie méthodique*. Botanique 2. — Paris: Pancoucke.
- [4] C. L. Willdenow 1799: *Species plantarum*, ed. 4, 2. — Bero-lini: G. C. Nauk.
- [5] G. Ridley 2010: *The discovery of Jeanne Baret*. — New York: Crown Publishers.
- [6] — Taxon 22: 281–284. J. C. Loudon 1832: *Hortus britannicus*, ed. 2. — London: Longman.
- [7] H. A. Jacques 1834: *Bougainvillea*. — Ann. F1. Pomone 2: 183–185.
- [8] F. Hérincq 1850: *Observations sur les Bougainvillea*. — Rev. Hort. (Paris), ser. 3, 4: 161–164.
- [9] *The naturalised vascular plants of the Pilbara region, Western Australia* - Greg Keighery Department of Environment and Conservation
- [10] E. A. Raeuschel 1797: *Nomenclator botanicus*, ed.3. — Lipsiae: I. G. Feind.
- [11] *Nomencl. Bot.* [Raeusch.] ed. 3, 112 (1797); [Nees, in] Princ. Neuw. Reise, i. 44. Nacional
- [12] <https://www.gbif.org/es/species/7167078>
- [13] *Plantas exóticas invasoras y potencialmente invasoras en el Jardín Botánico Orquideario Soroa, Cuba* – Revista del Jardín Botánico
- [14] *Alien flora of Doon Valley, Northwest Himalaya* - P. S. Negi, and P. K. Hajra - Wadia Institute of Himalayan Geology
- [15] *Altitudinal distribution patterns of the native and alien woody flora in Kashmir Himalaya, India*. – Khuroo, Weber, Malik, Reshi, Dar
- [16] *Bougainvillea spp.* Edward F. Gilman – University of Florida

## RECENSIÓN. «EL AZAR Y LA NECESIDAD» DE JACQUES MONOD

por MARÍA SUERO SANJOSÉ

GRADO EN BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

MARIASUERO@ALU.UMA.ES

Este ensayo<sup>[1]</sup> publicado en 1970, ¡hace nada menos que cincuenta años!, por el Premio Nobel de Fisiología y Medicina, **Jacques Monod**, sigue siendo a día de hoy no solo un curso de ciencias de la vida, sino también una reflexión sobre el origen del ser humano. No hay mejor resumen para esta obra que las propias palabras finales del autor: «El hombre sabe que está solo en la inmensidad indiferente del Universo, de donde apareció por casualidad. Ni su destino ni sus obligaciones están escritos en ninguna parte». Este breve comentario pretende reflexionar junto con el lector sobre los puntos que más me han impactado.

«El azar y la necesidad» es una obra que sobrepasa las expectativas del lector desde que empieza a leer. No es precisamente una lectura ligera, al contrario: incluso una persona con una alta comprensión en ciencia y filosofía puede verse atrapada en coyunturas que le hacen tener que releer una frase que no cuadra a su juicio. Incluso después de leer, considero que un lector inquieto debe preguntarse qué opina sobre su lectura, pues en gran parte, el autor ofrece preguntas retóricas cuyas respuestas se buscan desde los tiempos de Aristóteles. De hecho, el mismo título del libro ofrece pistas a la audiencia de su enfoque: «Todo cuanto existe es fruto del azar y la necesidad», cita atribuida a Demócrito.

Desde los primeros capítulos, el autor nos presenta una visión única en la literatura científica, que se acerca más a la filosofía que a un tratado científico como tal. Uno de los conceptos destacables que presenta al lector es el de la *performance*. El fundamento de *performance* es la idea de que los elementos artificiales están diseñados para «ejecutar» una función concreta. Sin embargo, el autor hace obvia la ambigüedad de esta distinción entre lo natural y lo artificial. De hecho es debatible que los procesos naturales, gobernados por fuerzas físicas, químicas y biológicas (i.e. Presión de selección) han adaptado de manera espontánea el mundo natural que se presenta ante el ser humano, por lo que cumplen una *performance* al igual que lo hace un elemento artificial. Aunque el autor continúa con su dilema analizando las estructuras químicas de artefactos construidos por el hombre con estructuras originadas de manera «natural», esta

distinción, sigue sin convencerme personalmente, al igual que no convence al autor. Jacques Monod usa el término **teleonomía** para referirse a este aparente propósito y orientación a objetivos de las estructuras y funciones de los organismos vivos, la cual propone que deriva de su historia y de su adaptación evolutiva para el éxito reproductivo.

Después de haber meditado sobre el tema, mi conclusión es que el término natural desde el punto de vista científico se aplica tanto a cualquier creación humana como a cualquier estructura que se encuentre en el planeta.

Los capítulos tercero y cuarto destacan por su naturaleza didáctica, pues explica desde la función y estructura de proteínas (enzimas), nociones básicas de química como son las uniones covalentes y no covalentes, hasta niveles más avanzados de conocimiento bioquímico como la regulación alostérica que permite comprender conceptos esenciales para entender el funcionamiento del metabolismo animal. Sin duda, Monod cumple su propósito de divulgador y educador trayendo conceptos «complicados» a una audiencia más amplia y no exclusivamente a la comunidad científica. Esto era tan importante el año de publicación de esta obra (1970), como lo es en el 2021, donde la ignorancia científica puede causar no solo estragos sociales sino también suponer un problema de salud pública.

No podría faltar que el autor haga un comentario sobre los avances en la clasificación y filogenia de especies, comentando sobre todo las similitudes entre el metabolismo y los componentes estructurales (i.e. proteínas, ácidos nucleicos) que comparten gran parte de los organismos superiores. Sin embargo, estas aseveraciones estaban a punto de ganar una mayor especificidad con la invención del método de Sanger de secuenciación y el consiguiente desarrollo de la filogenia molecular, que permitió trazar relaciones filogenéticas basadas en relaciones entre secuencias de ADN.

Además, Monod introduce el concepto de la «búsqueda de las invariantes en ciencia» como objetivo «platónico» en una naturaleza tan diversa. El autor expone las intrincadas perturbaciones microscópicas en el genoma (i.e. mutaciones) que hoy en día siguen



siendo un foco de estudio muy importante. De hecho, ya existen compañías que ofrecen un mapeo del genoma con el objetivo de identificar posibles mutaciones o incluso susceptibilidad a estas. Por ejemplo, *23andMe* o *Navigenics*<sup>[2]</sup>. De esta manera, empieza en el siglo XXI el sueño de prevenir una enfermedad antes de que ocurra.

Otro aspecto digno de mencionar es la sorpresa de leer un comentario más propio de sociología que de biología: *¿Cómo funciona la adquisición de lenguaje?* Es cierto que en los 70 la teoría más aceptada era la de Chomsky, de hecho el mismo autor lo menciona al comentar que todas las lenguas existentes comparan una misma estructura. Algo destacable de esta teoría es que Chomsky creía en la existencia de una estructura anatómica llamada aparato de *adquisición de lenguaje* (o LAD). Esto me llevó a preguntarme si el autor pertenecía a la escuela de Chomsky y por eso lo menciona o si en realidad no está seguro y por eso omite la mención de esta estructura, que sigue sin haberse encontrado. De hecho, hoy en día sigue siendo una incógnita cuál es realmente el mecanismo del aprendizaje de una lengua en humanos, si bien se ha estudiado ampliamente el principio de la plasticidad neural, cuyo punto máximo es durante la infancia, cuando mayor número de sinapsis ocurren

en el cerebro<sup>[3]</sup>.

Es en el capítulo final del libro, donde el soliloquio (metafóricamente hablando) alcanza su clímax y el autor se pregunta hacia dónde se dirige la ciencia, el porqué de esa búsqueda por el conocimiento y la ética del proceso. En las propias palabras del autor: «Todas las religiones, filosofías y la ciencia, atestiguan el incansable, heroico esfuerzo de la humanidad negando desesperadamente su propia contingencia». Realmente, es curioso leer este libro después de más de 50 años y estar totalmente de acuerdo con el autor. Esto demuestra (al menos para mi persona) que el significado de la vida está sujeto a la libre interpretación, pues la respuesta no viene dada más que por nuestra propia conciencia de ser. Si algo nos enseña estudiar la ciencia es que a nuestro alrededor reinan el azar, la supervivencia y el instinto.

## Referencias

- [1] Monod, J. (1971). *El azar y la necesidad*. Barral Editores
- [2] Collins, F. *El lenguaje de la vida*. Barcelona: Crítica, 2011.
- [3] Bennett, E. L., Diamond, M. C., Krech, D., & Rosenzweig, M. R. Chemical and anatomical plasticity of brain. *Science*, 146, 610–619, 1964.

## CELEBRANDO A JACQUES MONOD MEDIO SIGLO DESPUÉS DE LA PUBLICACIÓN DE «EL AZAR Y LA NECESIDAD»

por MIGUEL ÁNGEL MEDINA

CATEDRÁTICO DE BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

MEDINA@UMA.ES

Jacques Monod (1910-1976) es uno de los más destacados científicos del siglo XX. Sus principales aportaciones contribuyeron a la cimentación de la biología molecular moderna. Fue él quien sugirió, junto con su colega François Jacob (1920-2013), por primera vez la existencia de un ARN mensajero como biomolécula intermediaria entre la información biológica «potencial» contenida en el ADN y su expresión «funcional» en máquinas moleculares de naturaleza proteica. También Monod aportó las bases conceptuales para el diseño de sistemas de cultivo continuo denominados quimiostatos. Él y Jacob introdujeron el concepto de operón y descubrieron y describieron el sistema del operón lac, primer mecanismo de re-

gulación transcripcional desentrañado en la historia de la biología<sup>[1,2]</sup>. En colaboración con sus colegas Jeffries Wyman (1901-1995) y Jean-Pierre Changeux (1936-) formuló el modelo concertado de interacciones alostéricas<sup>[3]</sup>. Estas aportaciones claves de Monod -muy especialmente el concepto de operón y el modelo concertado de interacciones alostéricas- suelen ser reconocidos como hitos esenciales en la prehistoria de la moderna biología sintética. En 1965, Monod recibió -compartido con Jacob y André Lwoff (1902-1994) el premio Nobel de Medicina y/o Fisiología «por sus descubrimientos referentes al control genético de la síntesis de enzimas y virus».



Jacques Monod



François Jacob

André Lwoff

Jeffries Wyman

Jean-Pierre Changeux

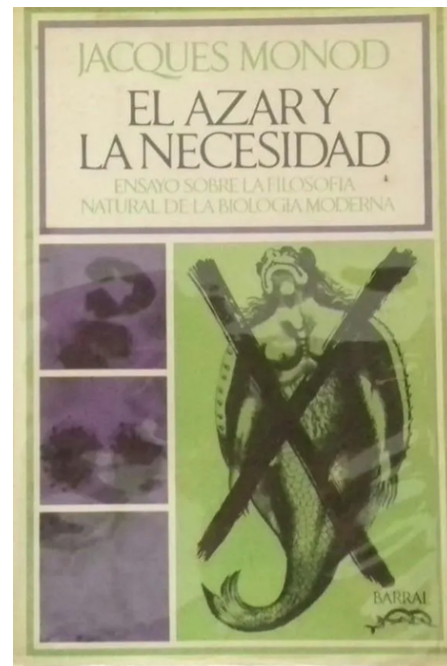
Francisco Ferrer Lerín

Figura 1. Jacques Monod y el resto de autores citados en este comentario.

Hombre de su época, Monod nunca eludió el compromiso político. Durante la Segunda Guerra Mundial fue miembro de la resistencia francesa, militó en el Partido Comunista Francés y fue ateo militante. Estos posicionamientos influyeron en su pensamiento científico. Sin embargo, su sesgo ideológico no impidió que firmara uno de los trabajos de pensamiento cien-

tífico más influyentes de la literatura del siglo XX: El azar y la necesidad, cuya primera edición original en francés (*Le hasard et la nécessité, essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*) apareció en 1970 publicado por la editorial parisina Le Seuil. Muy pronto, este libro polémico conoció ediciones en otros idiomas. Así en 1971 el editor Alfred A. Knopf publi-

caba en Nueva York la primera edición en inglés, con el título «Chance and Necessity». También en 1971 se publicaba en Barcelona la primera edición en español, publicada por Barral Editores y con traducción de Francisco Ferrer Lerín (1942-), escritor y destacado ornitólogo. Hace, pues, exactamente 50 años de la publicación en español de esta obra, una de las más influyentes en la historia del pensamiento científico contemporáneo. Buen momento para reivindicar la lectura de esta obra, que suelo decir a mis estudiantes es uno de esos libros que todo estudiante de biología o bioquímica debería haber leído antes de graduarse. Tristemente, la realidad es muy distinta y la mayoría de nuestros estudiantes ni siquiera conocen la existencia de esta importante obra de pensamiento científico. Pero nunca es tarde, si la dicha es buena. Hace unos meses, reté/invité a una estudiante de tercer curso del grado en Biología a leer «El azar y la necesidad». Semanas después le pedí que me hiciera un comentario personal con sus impresiones tras la lectura. El comentario que escuche me pareció tan maduro e interesante que invité a la misma estudiante a que lo dejara por escrito. Tras revisarlo, le animé a mandarlo para que se considerara su publicación dentro de la sección «Recensiones» de Encuentros en la Biología. Sirva la publicación de este breve comentario mío seguido de la recesión personal “Sobre «El azar y la necesidad»” de la estudiante de biología María Suero Sanjosé como un modesto pero sincero homenaje a este gran libro y su autor en el cincuenta aniversario de su primera edición en español y como invitación a nuestros estudiantes a que lean tan notable obra.



**Figura 2.** Portada de la primera edición en español de “El azar y la necesidad”, publicada en Barcelona en 1971 por Barral Editores.

## Referencias

- [1] Jacob F, Perrin D, Sánchez C, Monod J.I. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences* 280, 1717-1709, 1960.
- [2] Jacob F, Monod J. *Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins*. *Journal of Molecular Biology* 3, 318-356, 1961.
- [3] Monod J, Wyman J, Changeux JP. *On the nature of allosteric transitions: a plausible model*. *Journal of Molecular Biology* 12, 88-118, 1965.

## Anecdotalario científico

### EL PINTOR Y EL MICROBIÓLOGO

No sé si el título habrá conseguido transportaros a la canción del grupo malagueño Danza Invisible de nombre *El pintor y la modelo*. En cambio, seguro que muchos se acordarán de que la microbiología «nació» con los microscopios que construyó **Anton van Leeuwenhoek**, un tratante de telas de Delft. La primera curiosidad es que su apellido parece que fue una asimilación del nombre de la puerta de la ciudad de Delft que quedaba muy cerca del domicilio familiar: la Leeuwe Poort.

Anton (que también lo encontraremos como Antoni o Antonie) nació el 24 de octubre de 1632 y fue bautizado como Antonj en la iglesia protestante Nieuwe Kerk, donde quedó registrado el octavo de la lista en [la misma página](#) que comenzaba con el nombre de un tal Joannis, hijo de Raynier y Digna, unos vecinos de los padres de Antonj. Este hecho, además de que Delft no era muy grande y de que ambos vivían cerca, unió a ambos personajes a lo largo de su vida: se sospecha que Antonj y Joannis debieron compartir vivencias, juegos y experiencias. La principal prueba de ello es que en 1710, Marie (hija de van Leeuwenhoek) envió a The Royal Society in London unas memorias que había escrito su padre en 1685 para rubricar la grandeza artística de su amingo Joannis, que por entonces ya era conocido como **Johannes Vermeer**.

Fueron muchos los elementos de debieron estrechar relación entre el pintor y el microbiólogo. Era bien sabido que van Leeuwenhoek era un tratante de telas que fabricaba unas lentes maravillosas para contar cuántas hebras tenían los hilos que formaban los tejidos y así valorarlos mejor. Esas lentes también le sirvieron para descubrir un mundo microscópico por el que ha pasado a la historia a través de las 165 cartas que envió a la Royal Society y publicadas en *Philosophical Transactions*, la revista de la sociedad que es considerada la primera revista científica de la historia. La calidad de estas lentes es especialmente relevante en la carta 18, en la que des-

cribe en el agua de lluvia, de río y de mar, y, por primera vez en la historia, las bacterias. Pero esta capacidad observadora e ingenieril no iba acompañada de un talento artístico, como él mismo reconoció en su primera carta. Se sospecha que algunas de las ilustraciones que envió van Leeuwenhoek a la Royal Society estaban hechas por su amigo Vermeer, sobre todo una en la que se incluyen unos dibujos llenos de detalles extraordinarios sobre los espermatozoides de distintas especies, según especialista en van Leeuwenhoek, Clifford Dobell.

Parece que van Leeuwenhoek creó lentes cada vez más grandes y más potentes para Vermeer que lo impulsaron a usar la cámara oscura y pintar lo que observaba así en lugar de lo que apreciaba a simple vista. Posiblemente a esto debamos los extraordinarios efectos lumínicos y visuales que caracterizan muchos de los cuadros de Vermeer, sobre todo en *La lechera* y en *La encajera*. De hecho, parece muy probable que, a diferencia de lo contado en la encantadora película de Peter Webber *La joven de la perla*, la modelo del [cuadro que da nombre a la película](#), realizado entre 1665 y 1667, fuera su hija mayor María, que se llamaba igual que la hija mayor de van Leeuwenhoek. ¿Tocayismo casual?

Hay dos obras que Vermeer pintó entre 1668 y 1669, cuando tenía 36 años, que presentan grandes similitudes en cuanto a la composición, objetos que aparecen y perspectiva. Pero destaca, sobre todo, el modelo, que parece tener la misma edad que Vermeer, y que es el mismo en los dos cuadros. En este caso, son varios los especialistas que coinciden en que el modelo para *El geógrafo* (1669) y *El astrónomo* (1668) era el propio van Leeuwenhoek. Por tanto, ya hemos llegado al pintor y al modelo, sin ninguna danza.

Van Leeuwenhoek vivió hasta los 90 años, 48 más que Vermeer, y de ahí que escribiera a la Royal Society para dar a conocer la excelencia artística de su amigo, como comentamos al principio.

M. Gonzalo Claros

Departamento de Biología Molecular y Bioquímica, Universidad de Málaga

### Para saber más:

[Antonie van Leeuwenhoek \(1632–1723\) and Johannes Vermeer](#). En [Essential Vermeer 3.0](#) [consulta: 10-XI-21]  
[The Vermeer Connection](#). En [Lens on Leeuwenhoek](#) [consulta: 10-XI-21]

James Galbraith [The uncertain friendship of Van Leeuwenhoek and Vermeer](#). 17-XI-16 [consulta: 10-XI-21]

José Ramos Vivas. *Historia de las bacterias patógenas*. Ed. Guadalmezán. 2020

Raúl Rivas. *La maldición de Tutankamón y otras historias de la microbiología*, 2.<sup>a</sup> ed. Ed Guadalmezán. 2021

Laura J. Snyder. *Eye of the Beholder*. W. W. Norton & Company, Nueva York-Londres, 2015.

## *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.