

SEBBM

medes

Premio MEDES 2025 a la promoción del español en la divulgación biomédica

SEBBM
SEBBM

Sociedad Española de
Bioquímica y Biología
Molecular

Nº 230 | Septiembre 2026



DIPLOMACIA CIENTÍFICA

*Diplomacia científica:
cuando la ciencia se
convierte en política
exterior*

*La diplomacia científica
en España: de iniciativa
pionera a modelo de
colaboración*

*Ciencia sin fronteras:
el papel de la diáspora
científica organizada en
la diplomacia*

*Diplomacia científica:
práctica y profesión
para un mundo en
transformación*

MyGlo. Now You Can.

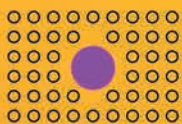
Simplify Luminescence. Amplify Possibilities.

Read, analyze, discover... in seconds. The MyGlo® luminescence plate reader brings speed and reliability directly to your bench so you can spend less time on data and more time on discovery.



One Device. Two Workflows.

1. ADD



2. READ



3. RAW DATA



DOWNLOAD

Download raw data files for manual calculations in your preferred software



ANALYZE

30s

15s

Use the guided workflow for setup, reading, and cloud-based analysis in seconds



Número 230 SEPTIEMBRE 2026

SEBBM es una publicación periódica de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular

© SEBBM. Los artículos y colaboraciones reflejan la opinión de sus autores y no necesariamente la opinión de la SEBBM. Se autoriza la reproducción del contenido, siempre que se cite la procedencia.

Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular

C/ Ramiro de Maeztu, 9

28040 Madrid

Tel.: +34 681 916 770

e-mail: sebbm@sebbm.es

sebbm.es

Directora: Inmaculada Yruela Guerrero

Directora adjunta: María del Mar Orzáez

Consejo editorial: Antonio Ferrer Montiel, Isabel Varela Nieto, Vicente Rubio, Federico Mayor-Menéndez, Miguel Ángel de la Rosa, Ana Mª Mata.

SECCIONES:

Entrevista y Política científica: Lola Delgado

Investigación: Joaquim Ros

Educación universitaria: Marina Lasa

Reseñas de libros: Juli Peretó

Sociedad: Carmen Aragón

Empresas: Marina García Macía

Coordinación del número 230: Eduardo Oliver

Diseño: Filo Estudio

Depósito legal: M-13490-2016

ISSN: 1696-4837

TRIBUNA

- 04 **Los premios de Bioquímica y Biología Molecular SEBBM-Fundación BBVA**
Antonio Ferrer

EDITORIAL

- 06 **Proyecto Genoma Humano. Un aniversario algo eclipsado**
Inmaculada Yruela Guerrero

DOSIER CIENTÍFICO

- 08 **Diplomacia científica**
Eduardo Oliver
- 10 **Diplomacia científica: cuando la ciencia se convierte en política exterior**
Mercedes Moro García-Valiño
- 16 **La diplomacia científica en España: de iniciativa pionera a modelo de colaboración**
Leire Leguina
- 20 **Ciencia sin fronteras: el papel de la diáspora científica organizada en la diplomacia**
Sara Alvira, Igor Arrieta, Irene Echeverría-Altuna, Javier Pardo, Carmen Sánchez-Cañizares
- 26 **Diplomacia científica: práctica y profesión para un mundo en transformación**
Franklin Carrero-Martínez

ENTREVISTA

- 32 **Jan Marco Müller.** Jefe del equipo de Enfoque Global, Diálogo Multilateral y Diplomacia Científica de la Comisión Europea
Lola Delgado

POLÍTICA CIENTÍFICA

- 40 **Ciencia y política exterior: el despertar de la diplomacia científica en América Latina**
Lola Delgado

A FONDO

- 46 **Alphagenome: el salto de Google Deepmind hacia la genómica global**
Emma Perez-Garcia, Maria Sanchez-Martin, Alberto Berral-Gonzalez y Javier De Las Rivas

EDUCACIÓN UNIVERSITARIA

- 50 **¡Misión proteína! Crónica de un «secuestro» biotecnológico para rescatar el interés por la bioquímica**
Anna Manzano, Anna Vidal-Alabré, Yolanda Campos, Pilar Villacampa, Helga Simon, Cristina Sánchez, Carolina Pimenta, Jesús García, Joan Sala, Josefa Giménez-Bonafé, Àurea Navarro-Sabaté

INVESTIGACIÓN

- 56 Joaquim Ros

IN MEMORIAM

- 59 **Begoña Aguado Orea (1965-2026)**

SOCIEDAD

- 60 **IV Conferencia Severo Ochoa**
62 **Premio Princesa de Asturias de Investigación Científica y Técnica 2026**
64 **Premio Rei Jaume I en Investigación Biomédica 2026**
65 **Noticias de actualidad**

RESEÑA DE LIBROS

- 70 **Crick. A mind in motion. From DNA to the brain**
Juli Peretó

PUBLIRREPORTAJES

- | | | | |
|----|----------------|----|-----------------------|
| 02 | Promega | 72 | Controltecnica |
| 15 | Biogen | 74 | Ecogen |
| 69 | Promega | | |

Los premios de Bioquímica y Biología Molecular SEBBM- Fundación BBVA



**Antonio
Ferrer**

Presidente SEBBM

Es un placer comunicar la puesta en marcha de los Premios de Bioquímica y Biología Molecular, fruto de la colaboración entre la Fundación BBVA y la SEBBM. Quiero empezar agradeciendo a la Fundación BBVA por su constante apoyo a la SEBBM durante décadas, tanto patrocinando las conferencias plenarias en nuestros congresos anuales como, en años recientes, respaldando los premios destinados a los mejores pósteres de los grupos SEBBM. La alianza entre SEBBM y la Fundación BBVA surgió con el propósito de impulsar la investigación en bioquímica y biología molecular a nivel nacional y fomentar el interés de nuevas generaciones. Con el tiempo, esta relación se ha fortalecido, evidenciando el compromiso de ambas entidades por dar visibilidad a esta área de estudio a escala nacional. Aunque no corresponde aquí enumerar todos los eventos promovidos por la Fundación BBVA, es fundamental reconocer que su respaldo nos ha permitido contar en nuestros congresos con ponentes internacionales de gran prestigio, algo que habría sido prácticamente inalcanzable sin su intervención.

La Fundación BBVA es ampliamente reconocida por su apoyo a la ciencia. En junio pasado, se celebró en el Palacio de Congresos Euskalduna la entrega de los Premios Frontera del Conocimiento, que distinguen la excelencia en distintas disciplinas y cuyos galardones suelen convertirse posteriormente en Premios Nobel. Además, la Red Leonardo ofrece ayudas a jóvenes innovadores, junto con programas de investigación y premios científicos otorgados en colaboración con sociedades científicas. Por ejemplo, el premio de Física se concede junto a la Real Sociedad Española de Física (RSEF); el de Matemáticas, con la Real Sociedad Matemática Española; el de Estadística, junto a la Sociedad de Estadística e Investigación Operativa; y el de Informática, en colaboración con la Sociedad Científica de Informática de España.

La labor de la Fundación BBVA para dar visibilidad a la ciencia española es indiscutible, y todos deberíamos valorar este esfuerzo. Además, crear estos premios junto a las sociedades científicas ha impulsado notablemente el desarrollo y el reconocimiento social de estas áreas del saber.

La SEBBM y la Fundación BBVA realizaron en 2026 una evaluación de su extensa y fructífera colaboración, concluyendo que la creación de los premios de Bioquímica y Biología Molecular SEBBM-Fundación BBVA era una estrategia adecuada para fortalecer e incrementar su visibilidad e impacto social, siguiendo el modelo de los premios ya existentes de la Fundación con otras sociedades científicas. Como resultado, ambas instituciones han acordado establecer cinco galardones, cada uno con una dotación de 10.000€, en las siguientes categorías: (i) bioquímica y biología molecular de plantas y microorganismos; (ii) bioquímica y biología estructural; (iii) bioquímica y biología molecular de la señalización y comunicación celular; (iv) bioquímica y biología sintética, de sistemas y computacional; y (v) bioquímica y biología molecular de la patología. Estas categorías se han definido con el objetivo de reflejar los intereses de todos los grupos científicos pertenecientes a la SEBBM.

Estos premios reconocen la investigación de excelencia en bioquímica y biología molecular llevada a cabo en centros de investigación españoles, tanto públicos como privados. Las personas candidatas deberán tener menos de 45 años al cierre del plazo de presentación de las candidaturas, aplicándose extensiones en casos de interrupciones justificadas en la trayectoria profesional. Asimismo, se contempla la posibilidad de premiar a grupos de investigación, destacando la multi-, inter- y transdisciplinariedad que caracteriza a la ciencia contemporánea.

La convocatoria de estos premios, aunque implica la suspensión de la ayuda que la Fundación BBVA venía otorgando al congreso anual, constituye un reconocimiento a la labor desarrollada por la SEBBM en el fomento de la investigación, la docencia y la difusión del conocimiento científico en bioquímica y biología molecular. Los premios ofrecen una oportunidad significativa para jóvenes bioquímicos que están impulsando su carrera profesional en este ámbito, además de contribuir al estímulo y promoción de la excelencia científica. Os animo a presentar candidaturas en las distintas categorías cuando se abra la convocatoria. Confío que esta iniciativa conjunta entre la SEBBM y la Fundación FBBVA será valorada positivamente y visibilizará la calidad y excelencia de la bioquímica y biología molecular en España.

Proyecto Genoma Humano. Un aniversario algo eclipsado



**Inmaculada
Yruela Guerrero**

Directora *Revista*
SEBBM

En el pasado mes de febrero celebrábamos el vigesimoquinto aniversario de la publicación en 2001 del primer borrador del Proyecto Genoma Humano (PGH). Fue un hito para la comunidad científica, no sólo por el alcance conseguido de colaboración científica y su impacto, sino por la puerta que se abría a futuras investigaciones y terapias. El proyecto se había iniciado en octubre de 1990, fue colaborativo y abierto, en él participaron alrededor de mil investigadores, lo que supuso una importante democratización del conocimiento. Los resultados —la generación de la primera secuenciación del genoma humano— se publicaron simultáneamente en las revistas científicas *Nature* y *Science*.

El PGH reveló información fundamental sobre el mapa genético humano, que ha acelerado el estudio de la biología humana y ha mejorado la investigación biomédica, y la práctica preclínica y clínica en medicina. Su repercusión también revolucionó la investigación en otros campos como la biotecnología vegetal, la biología evolutiva y la biodiversidad. Nos enseñó, además, que en colaboración se pueden alcanzar grandes retos; participaron 20 grupos de EE.UU., Reino Unido, Japón, Francia, Alemania, China. Para celebrar este aniversario se han sucedido numerosas conferencias y simposios que han reunido a los más destacados referentes de la genómica. Y los premios Princesa de Asturias de 2026 distinguen a los investigadores que hicieron posible el desarrollo de las tecnologías de secuenciación de ADN de nueva generación.

Quizá estos acontecimientos hayan quedado algo eclipsados para el gran público por las primeras imágenes de la cara oculta de la Luna y por la expectación generada ante la tríada de eclipses, que ha sido ampliamente tratada en todos los medios de comunicación. El primero de ellos, por cierto, lo hemos vivido hace un mes con gran expectación, donde se ha mezclado ciencia e ilusión.

Y, al inicio de año, también conmemorábamos el septuagésimo aniversario del descubrimiento del número exacto de cromosomas de la especie humana, un dato que hoy manejamos con completa naturalidad al abordar un estudio de diagnóstico genético. El hallazgo, quizá poco conocido, de los científicos Joe Hin Tjio, que trabajaba en la EEAD del CSIC en Zaragoza, y Albert Levan (Institute of Genetics, Lund, Suecia) se publicó en la revista *Hereditas* el 26 de enero de 1956. En el blog de la SEBBM podéis leer más detalles sobre esta historia.

El Proyecto Genoma Humano ahondó en la pregunta de qué significa «ser humano». Los datos que descifró —cerca de 3.200 millones de pares de bases de nuestro ADN— indicaron la escasa diferencia en porcentaje de genes que tenemos respecto a los chimpancés y grandes simios con los que nos emparentamos biológicamente —el ser humano no deja de ser un gran simio—; o incluso con linajes eucariotas más alejados como el de *Drosophila*, con el que compartimos cerca del 75% de los genes relacionados con enfermedades.

Lo hallado no fue tan espectacular como se esperaba, pero puso la mirada en lo que ya se vislumbraba. Las diferencias sustanciales no están en los genes en sí mismos, sino en su procesamiento, regulación e interacción con el entorno de la célula y del ambiente. EL PGH abrió caminos nuevos a la investigación, que apostaron por las tecnologías genómicas de nueva generación (y -ómicas) y transformaron la biología molecular. Se puso en pie uno de los pilares más influyentes de la biología moderna.

En una entrevista reciente que escuché a Juan Luis Arsuaga, me llamó la atención el énfasis que ponía al señalar que continuamos en el Neolítico. Y tiene toda la razón. Parece que hemos cambiado mucho desde que descubrimos el fuego, «una de las innovaciones más decisivas de la evolución humana que derivó en nuevas formas de interacción social y de transformación del entorno», pero sólo en la apariencia y en la sofisticación. Por cierto, trabajos recientes han revelado que nuestros ancestros lo introdujeron de manera oportunista en la cueva Wonderwerk, en Sudáfrica, durante el Pleistoceno temprano, hace entre 1,07 y 1,79 millones de años, una fecha anterior a lo que se pensaba.

Así que seguimos fabricando herramientas (tecnologías), aunque mucho más sofisticadas gracias a que unas nos permiten construir otras nuevas o perfeccionarlas. Las computadoras y centros de datos, la IA o la información derivada del PGH no dejan de ser «herramientas». La sección Afondo de este número dedica su espacio a una de estas herramientas, *AlphaGenome* que os invito a leer.

Algunos piensan que la era de la IA es un salto cualitativo en nuestra evolución aludiendo a que hemos creado la «máquina pensante» o estamos muy cerca de lograrlo. Pero sólo es una herramienta más que nos continúa anclando al Neolítico. Este logro no nos distancia mucho de los otros grandes simios. Nos diferenciamos de ellos al adquirir la capacidad de pensar, reflexionar y comunicarnos, cuando adquirimos la plasticidad cerebral o neuronal que postuló Ramón y Cajal. Y ahí seguimos...

Y la IA, como toda herramienta, se orienta a lo útil y ayudará a tomar decisiones útiles, si no fuera así no se invertiría tanto en su desarrollo. Pero en ciencia aprendemos que lo aparentemente «no útil» o «no conocido» en el presente puede llegar a ser «útil» en el futuro. ¿Podremos perder posibilidades futuras al escoger el camino direccional hacia lo útil con la asistencia de las IAs?

DIPLOMACIA CIENTÍFICA

Eduardo Oliver

Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas (CIB), CSIC, Madrid

https://doi.org/10.18567/sebbmrev_230.202609.dc6



La ciencia siempre ha sido internacional, pero no siempre ha sido diplomática. La colaboración entre laboratorios, la movilidad o las grandes infraestructuras forman parte natural del avance del conocimiento. Hoy, sin embargo, esa misma ciencia se sitúa en el centro de la política exterior, la seguridad, la competitividad y los valores democráticos. Vacunas, clima, biodiversidad, inteligencia artificial o salud global recuerdan que las grandes preguntas científicas ya no se resuelven dentro de las fronteras nacionales, pero tampoco pueden separarse de las tensiones y responsabilidades de los Estados.

Por eso la diplomacia científica importa. Porque la evidencia es necesaria para negociar acuerdos internacionales, anticipar crisis y decidir mejor. Porque la cooperación científica abre canales de confianza allí donde la diplomacia tradicional encuentra límites. Y porque el conocimiento se ha convertido en un activo

estratégico: genera progreso, pero también poder, influencia y dependencia. En un mundo fragmentado, la ciencia debe seguir siendo un espacio de encuentro, con reglas, reciprocidad y comprensión de los riesgos.

Este dossier llega en un momento especialmente oportuno. La reciente Recomendación del Consejo sobre un marco de la Unión Europea para la diplomacia de la ciencia marca un cambio de escala: deja de ser una suma de iniciativas valiosas para convertirse en una herramienta estratégica de la acción exterior europea. Su principio de una ciencia «tan abierta como sea posible y tan cerrada como sea necesario» atraviesa los textos que siguen: proteger el sistema científico no debe ser una excusa para cerrarlo, sino una condición para mantenerlo abierto e íntegro.

El dossier se abre con el artículo de Mercedes Moro, que ofrece una puerta de entrada clara al concepto. A partir de ejemplos

históricos y actuales, distingue las tres dimensiones clásicas de la diplomacia científica: ciencia en la diplomacia, diplomacia para la ciencia y ciencia para la diplomacia. Su texto ayuda, además, a delimitar qué no es diplomacia científica: no toda colaboración internacional o divulgación exterior constituye por sí misma una estrategia diplomática.

A continuación, Leire Leguina sitúa el foco en España. Su contribución muestra cómo nuestro país ha pasado, en una década, de iniciativas pioneras a un modelo reconocido por su carácter colaborativo. La experiencia española se ha construido entre el sistema de ciencia, la acción exterior del Estado y la sociedad civil científica organizada, con hitos como el programa piloto de coordinadores científicos en embajadas, la Declaración de Madrid y la participación activa en el debate europeo.

El tercer artículo, firmado desde CERU por Sara Alvira, Igor



Arrieta, Irene Echevarría-Altuna, Javier Pardo-Díaz y Carmen Sánchez-Cañizares, profundiza en uno de los rasgos más singulares de ese modelo: la diáspora científica organizada. Redes como RAICEX y sus asociaciones no son solo comunidades de apoyo profesional. Son antenas, puentes y espacios de mediación entre sistemas científicos, administraciones, embajadas e instituciones internacionales. En tiempos de competencia por el talento y necesidad de alianzas estables, esa mirada comparada es un activo diplomático de primer orden.

El recorrido se completa con la contribución de Franklin Carrero-Martínez, que invita a pensar la diplomacia científica no solo como concepto, sino como práctica y profesión. Su propuesta de distinguir entre *Track 1*, *Track 1.5* y *Track 2* desplaza la pregunta desde «quién hace ciencia» hacia «quién tiene autoridad para comprometer, influir o mantener abiertos espacios de diálogo».

Esta perspectiva ayuda a comprender por qué actores muy distintos pueden desempeñar papeles complementarios.

Tras este dossier, la entrevista a Jan Marco Müller, coordinador del marco europeo para la diplomacia científica, cierra el dossier con una mirada desde las instituciones europeas. Sus respuestas subrayan que Europa no puede actuar de forma fragmentada; que Horizonte Europa es también una herramienta de diplomacia; que la seguridad de la investigación debe servir como barandilla para mantener abierto el sistema; y que los científicos no pueden permanecer al margen de los debates públicos si quieren que la evidencia informe decisiones democráticas.

Para quienes leen esta revista desde la bioquímica y la biología molecular, la diplomacia científica puede parecer un ámbito lejano. No lo es. Cada colaboración internacional, red europea, infraestructura compartida o asesoramiento

sobre salud, biotecnología, datos, biodiversidad o clima forma parte de un ecosistema en el que la ciencia dialoga con la sociedad y con el mundo. La pregunta es cómo participar mejor: con formación, responsabilidad, independencia y voluntad de construir confianza.

España parte de una posición privilegiada: comunidad científica internacionalizada, diáspora organizada, instituciones con experiencia, vínculos con Europa, América Latina y el Mediterráneo, y una trayectoria reconocida en diplomacia científica europea. Para seguir a la vanguardia necesitamos consolidar capacidades profesionales, coordinar recursos, integrar la ciencia en la acción exterior de forma estable y ofrecer espacios donde investigadores, diplomáticos y responsables públicos trabajen juntos. Defender la ciencia abierta, la cooperación y la evidencia no es solo una tarea científica: es también una forma de estar en el mundo.

DIPLOMACIA CIENTÍFICA: CUANDO LA CIENCIA SE CONVIERTE EN POLÍTICA EXTERIOR

Mercedes Moro García-Valiño

Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO), Madrid

<https://doi.org/10.18567/sebbmrev.230.202609.dc1>



Qué es la diplomacia científica

Los términos «asesoramiento científico», «cooperación internacional en vacunas», «geopolítica tecnológica» o «diplomacia científica» se convirtieron en expresiones habituales durante la pandemia de COVID-19. Expertos en salud pública, virólogos y epidemiólogos comparecieron junto a presidentes y ministros para explicar las decisiones políticas adoptadas en favor del bien común.

Sin embargo, la diplomacia científica no nació con la pandemia ni se limita a la cooperación entre investigadores. Se sitúa en la intersección entre la ciencia, la tecnología, la innovación y la política exterior. En un mundo marcado por el cambio climático, las crisis sanitarias, la inteligencia artificial o la seguridad digital, se ha convertido en una herramienta

estratégica clave para comprender la gobernanza global actual.

Mucho más que ciencia compartida

Aunque el término «diplomacia científica» comenzó a popularizarse hace algo más de dos décadas, la relación entre conocimiento científico y relaciones internacionales es mucho más antigua. Ya en la antigua Mesopotamia el uso del conocimiento se utilizaba para legitimar el poder de los gobernantes, tejer alianzas y gestionar conflictos entre ciudades-estado y reinos. El intercambio de saberes entre civilizaciones ha servido como vía de comunicación incluso entre sociedades enfrentadas políticamente.

La ciencia posee un lenguaje universal que trasciende fronteras, ideologías y religiones, lo que ha convertido la cooperación científica en un espacio de encuentro

incluso en contextos de tensión política. De ahí surge la diplomacia científica: cuando la ciencia deja de ser solo producción de conocimiento y adquiere también una función diplomática.

Según la Royal Society (The Royal Society, 2010) existen tres dimensiones de la diplomacia científica: ciencia en la diplomacia, diplomacia para la ciencia y ciencia para la diplomacia.

Las tres dimensiones de la diplomacia científica

Ciencia en la diplomacia: la política exterior recurre al consejo científico para llevar a cabo negociaciones sobre cuestiones bilaterales y multilaterales. Los gobiernos necesitan el conocimiento experto para afrontar desafíos globales complejos (Figura 1).

El cambio climático es uno de los mejores ejemplos de

LAS TRES DIMENSIONES DE LA DIPLOMACIA CIENTÍFICA



Ciencia en la diplomacia

Ciencia → decisiones políticas

Los gobiernos recurren al conocimiento científico para negociar problemas globales complejos:

- Clima
- Pandemias
- Biodiversidad
- Energía
- Salud pública



IPCC:

Elaboración de informes sobre cambio climático convertidos en obras de referencia para los responsables de políticas, la comunidad científica y otros expertos.



Covid-19:



Diplomacia para la ciencia

Política exterior al servicio de la colaboración científica

La diplomacia crea espacios de cooperación donde investigadores, universidades y centros científicos pueden trabajar juntos más allá de conflictos políticos.

CERN:

Científicos europeos reconstruyendo conexiones tras la Segunda Guerra Mundial.



Centro Transnacional del Mar Rojo:

Países ribereños unidos por ecosistemas marinos compartidos.



Ciencia para la diplomacia

La cooperación científica como herramienta de paz

La ciencia abre canales de diálogo donde la diplomacia tradicional encuentra límites.

SESAME:

Haz de partículas atravesando fronteras de Oriente Medio.



NASA + ROSCOSMOS:

Intercambio de tripulantes entre NASA y Roscosmos en la Estación Espacial Internacional (ISS).



EL NUEVO ESCENARIO GLOBAL

COOPERAR Y COMPETIR AL MISMO TIEMPO

Los desafíos actuales -IA, pandemias, clima o ciberseguridad- obligan a cooperar globalmente. El conocimiento también es poder:

- Rivalidad tecnológica
- Control de datos
- Seguridad nacional
- Soberanía científica

La diplomacia científica se mueve ahora entre:

COLABORACIÓN ↔ COMPETENCIA

**LA CIENCIA YA NO ES SOLO CONOCIMIENTO:
ES INFRAESTRUCTURA DE PODER, COOPERACIÓN Y ESTABILIDAD GLOBAL**

diplomacia científica: las negociaciones sobre emisiones, energía o biodiversidad dependen de informes de organismos como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Sin base científica, resulta imposible afrontar problemas globales.

Algo similar ocurrió durante la pandemia, cuando los gobiernos recurrieron a virólogos, epidemiólogos y expertos en salud pública para diseñar los protocolos sanitarios.

Diplomacia para la ciencia: cuando la política está al servicio de la ciencia. Gracias a la diplomacia la ciencia encuentra caminos de acercamiento entre los científicos, como por ejemplo la consecución del acercamiento de talentos. Aquí la diplomacia actúa como puente para que investigadores, universidades y centros de investigación puedan colaborar más allá de las fronteras (Figura 1).

Como ejemplo histórico representativo tenemos la creación del CERN, la Organización Europea para la Investigación Nuclear, creada tras la Segunda Guerra Mundial. En plena reconstrucción europea, varios países decidieron impulsar un gran centro científico común donde investigadores de distintas nacionalidades pudieran trabajar conjuntamente. La cooperación científica se convirtió así en un mecanismo de reconstrucción política y confianza mutua.

Fundado en 2019, el Centro Transnacional del Mar Rojo es otro ejemplo claro de diplomacia para la ciencia, donde se emplea la ciencia como una plataforma de cooperación y neutralidad entre

Figura 1

Las tres dimensiones de la diplomacia científica muestran cómo la ciencia puede ayudar a tomar mejores decisiones, facilitar la cooperación internacional y tender puentes entre países ante retos globales compartidos.

EJEMPLOS CLAVE DE DIPLOMACIA CIENTÍFICA



los países ribereños. Su objetivo es fomentar la colaboración entre Estados que, pese a carecer de relaciones diplomáticas formales o mantener tensiones políticas —como Israel, Arabia Saudita, Jordania, Egipto, Sudán, Yibuti, Eritrea y Yemen—, pueden encontrar en la investigación científica un terreno común de entendimiento.

Ciencia para la diplomacia: la ciencia también puede actuar como herramienta de paz mediante la cooperación internacional (Figura 1). En este contexto, funciona como instrumento de «poder blando», concepto desarrollado por Joseph Nye, basado en la influencia a través del conocimiento y la colaboración.

La cooperación científica puede abrir canales de diálogo donde la diplomacia tradicional encuentra dificultades, generando confianza entre países con relaciones complejas.

Un ejemplo destacado es SESAME, un acelerador de partículas en el que colaboran países con tensiones políticas como Israel, Irán, Jordania y Palestina. La ciencia actúa allí como un espacio neutral de cooperación.

Otro ejemplo sería el programa de vuelos cruzados entre la NASA (EE.UU.) y Roscosmos (Rusia), agencias que cooperan para garantizar siempre tripulantes de ambas naciones en la Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés). Este acuerdo se ha extendido hasta el 2027.

Figura 2

Línea temporal con ejemplos clave de diplomacia científica que muestran cómo la ciencia ha servido, desde la posguerra hasta la actualidad, para reconstruir confianza, facilitar la cooperación internacional y responder a retos globales compartidos.

El nuevo escenario de la diplomacia científica

Los desafíos globales actuales han reforzado la necesidad de una diplomacia científica sólida (Figura 2). Problemas como las pandemias, el cambio climático, las amenazas cibernéticas o la inteligencia artificial no pueden resolverse de forma aislada y requieren cooperación internacional, infraestructuras compartidas y circulación global de conocimiento y talento.

La ciencia se ha convertido también en un eje de competencia geopolítica. La rivalidad tecnológica entre Estados Unidos y China, y la disputa por tecnologías estratégicas muestran que el conocimiento implica tanto cooperación como poder. Por ello, los gobiernos refuerzan el control sobre la transferencia tecnológica y la protección de datos, manteniendo un equilibrio cada vez más complejo entre colaboración internacional y seguridad nacional.

De la diplomacia científica a la diplomacia tecnológica

Uno de los fenómenos más relevantes de los últimos años ha sido el auge de la llamada diplomacia tecnológica. Aunque relacionada con la diplomacia científica, presenta características propias.

La diplomacia tecnológica se centra especialmente en la gobernanza de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, la ciberseguridad, las plataformas digitales o el control de datos. En este ámbito, las grandes empresas tecnológicas han adquirido un protagonismo internacional comparable, en algunos aspectos, al de ciertos Estados.

En 2017, Dinamarca fue el primer país en llevar la tecnología y la digitalización como asunto en la política exterior y de seguridad (TechPlomacy). Nombró al primer embajador tecnológico del mundo con sede en Silicon Valley. La iniciativa reflejaba un cambio

profundo: las empresas tecnológicas comenzaban a ejercer una influencia global capaz de afectar a la seguridad, a la economía e incluso la democracia de los países.

La irrupción de la inteligencia artificial ha acelerado todavía más esta transformación. Herramientas como ChatGPT han situado el debate sobre regulación tecnológica, ética de la inteligencia artificial y soberanía digital en el centro de la agenda internacional.

La Unión Europea se ha puesto al frente de esta tarea creando reglas claras, como la Ley de Inteligencia Artificial, para controlar su uso, intentando consolidar un modelo europeo basado en la protección de derechos, la transparencia y la supervisión democrática de las tecnologías emergentes.

Qué no es diplomacia científica

El uso cada vez más frecuente del término diplomacia científica ha provocado cierta confusión sobre su significado. Por ello, es importante diferenciar claramente qué prácticas no pueden considerarse diplomacia científica:

► No es cualquier colaboración internacional entre científicos.

La cooperación académica o investigadora entre países, por sí sola, no constituye diplomacia científica si no existe una relación directa con objetivos políticos o internacionales.

► No es simplemente divulgación científica internacional.

Difundir conocimiento científico en otros países puede contribuir a mejorar la imagen de un Estado o de sus instituciones, pero esto no implica necesariamente una estrategia diplomática.

► La cooperación académica, por sí sola, no es diplomacia científica.

Programas universitarios, intercambios de investigadores o proyectos conjuntos pueden ser

solo iniciativas académicas si no están vinculados a cuestiones de política exterior o gobernanza global.

► No consiste únicamente en promocionar la innovación nacional en el exterior.

Mostrar avances científicos o tecnológicos de un país forma parte de la proyección internacional, pero no siempre responde a fines diplomáticos.

En consecuencia, la diplomacia científica se caracteriza por integrar la ciencia dentro de estrategias de política exterior, cooperación internacional y gestión de desafíos globales, combinando tanto intereses colaborativos como estratégicos.

¿Quién hace diplomacia científica?

La diplomacia científica ya no es únicamente cosa de los Estados, involucra no solo a diplomáticos tradicionales, sino también a gobiernos, científicos, universidades, centros de investigación, organizaciones internacionales y empresas tecnológicas (Figura 3). En este ámbito destacan los asesores científicos, encargados de traducir el conocimiento especializado para facilitar la toma de decisiones políticas y conectar el mundo científico con el político. Ante los desafíos globales, muchos países están reforzando el asesoramiento científico y la formación en diplomacia científica, consolidando así la profesionalización de este campo.

Por ello, numerosos países y organizaciones internacionales están reforzando estructuras de asesoramiento científico y programas de formación en diplomacia científica. La profesionalización de este ámbito constituye una de las grandes tendencias actuales.

Una herramienta fundamental para la gobernanza global

En un escenario internacional cada vez más interdependiente, la diplomacia científica representa

ACTORES DE LA DIPLOMACIA CIENTÍFICA



Grupos de interés del gobierno

Gobiernos nacionales y subnacionales; ministerios, embajadas, departamentos ministeriales, agencias públicas, etc.



Grupos de interés intergubernamentales y supranacionales

Organizaciones internacionales multilaterales e instituciones afines en la gobernanza mundial (ej. UE, OMS, OCDE o UNESCO).



Sector privado

Multinacionales, PYMES y empresas con proyección internacional.



Sector de investigación y académico

Consejos de investigación, universidades, centros de investigación, grandes infraestructuras científicas, academias nacionales, sociedades científicas, agencias de financiación y científicos que actúan como expertos, asesores y colaboradores en proyectos internacionales.



Sociedad civil organizada

ONGs nacionales y transnacionales, asociaciones civiles, organizaciones benéficas privadas, patronos y activistas.

DIFERENTES ACTORES UN MISMO OBJETIVO:
CONOCIMIENTO, COOPERACIÓN Y BIEN COMÚN GLOBAL

Figura 3

Principales actores de la diplomacia científica, desde gobiernos y organismos internacionales hasta sector privado, academia y sociedad civil, que contribuyen de forma complementaria a promover conocimiento, cooperación y bien común global.

una de las herramientas más valiosas para construir espacios de cooperación. El bienestar y el avance de un país ya no se deciden solo en los despachos políticos, sino en su capacidad para

unir dos mundos clave: la ciencia y la estrategia internacional. Esta colaboración tan necesaria funciona a través de tres motores muy claros: abrir caminos para investigar, construir puentes donde no

los hay y tomar decisiones con base científica.

La pandemia mostró hasta qué punto la ciencia puede convertirse en un asunto central de política exterior. La inteligencia artificial, la transición energética o la seguridad climática confirman que esta tendencia no hará más que intensificarse en los próximos años.

La diplomacia científica no resolverá por sí sola los conflictos internacionales, pero sí ofrece algo especialmente valioso en tiempos de fragmentación geopolítica: un lenguaje compartido basado en el conocimiento, la evidencia y la cooperación.

Para leer más

Gluckman PD, Turekian V, Grimes RW, Kishi T. *Science Diplomacy: A Pragmatic Perspective from the Inside. Science & Diplomacy*, vol. 6, no. 4 (2017).

Nye J, Jr. *Soft Power: The Means to Success in World Politics*. PublicAffairs, New York, USA (2004).

Royal Society & AAAS. *New Frontiers in Science Diplomacy* (2010).

Ruffini P-B. *Science and Diplomacy: A New Dimension of International Relations*. Springer (2017).

S4D4C European Science Diplomacy Online Course (2022). <https://www.s4d4c.eu/>

<https://www.sciencediplomacy.org>

BLT empresa especializada en sistemas avanzados de imagen científica: imagen in vivo 2D/3D, fluorescencia multicolor, aplicaciones biomédicas, vegetales y animales, además de sistemas de gel y blotting

Estación de trabajo inteligente de imagen Gelview9000Max

Control por voz y gestos. Minimize la contaminación, maximice la eficiencia.



Western Blot
quimioluminiscente

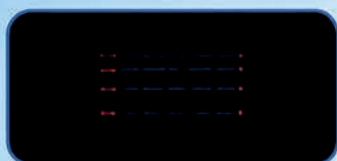
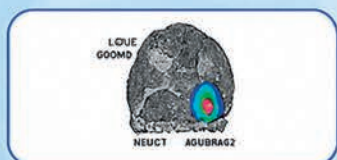


Imagen de gel
de ácidos nucleicos



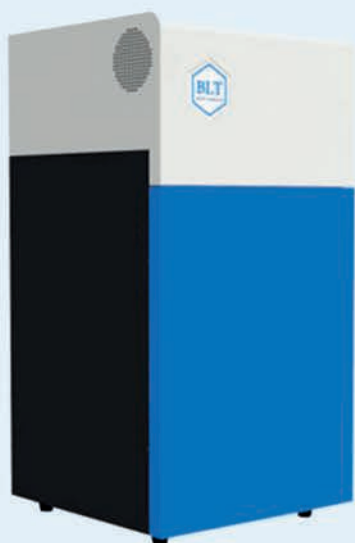
Imagen de gel de
ácidos nucleicos



Análisis de interacción
proteína-proteína



AniView SE Small Animal in Vivo Imaging System



Sistema multimodo para imágenes
in vivo de fluorescencia y
bioluminiscencia con
anestesia integrada

Solicite unidad en demostración

GelView 4000 Lite Small Gel Imaging System



Sistema de documentación
de geles Gelview 4000 Lite

Controlado por gestos (apertura y
cierre) y órdenes orales como
abrir/cerrar tapa, toma de imagen..

Solicite unidad en demostración



Más Información en ww.biogen.es - biogen@biogen.es

LA DIPLOMACIA CIENTÍFICA EN ESPAÑA: DE INICIATIVA PIONERA A MODELO DE COLABORACIÓN

Leire Leguina

Responsable de la Unidad de Diplomacia Científica y Asesoramiento Científico, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)

https://doi.org/10.18567/sebbmrev_230.202609.dc2



La importancia estratégica tanto de la ciencia como de la tecnología se ha intensificado de forma extraordinaria durante la última década. La pandemia de COVID-19, la aceleración de la transición energética, la competencia global por las tecnologías emergentes, el liderazgo en inteligencia artificial o las tensiones derivadas de conflictos internacionales han puesto de manifiesto que el conocimiento científico constituye uno de los principales activos de poder e influencia de los Estados.

En este contexto, la capacidad científica y tecnológica ya no se percibe exclusivamente como un motor de crecimiento económico o de bienestar social. También se ha convertido en un elemento central de la seguridad, la competitividad y

la autonomía estratégica. Las decisiones sobre biotecnología, energía limpia o desarrollo espacial tienen implicaciones que trascienden el ámbito científico y afectan directamente a la posición internacional de los países.

Al mismo tiempo, los grandes desafíos contemporáneos siguen requiriendo respuestas basadas en la cooperación internacional. Los problemas globales a los que nos enfrentamos no pueden resolverse de forma aislada. En ese sentido, la ciencia ofrece un lenguaje común, genera evidencia compartida y espacios de diálogo que pueden mantenerse incluso en contextos de tensión política o diplomática.

Es en esta intersección entre conocimiento científico, acción exterior y gobernanza global donde

se sitúa la diplomacia científica.

Aunque el concepto ha evolucionado desde las primeras definiciones formuladas a comienzos de la década de 2010, existe un amplio consenso en considerar que engloba las interacciones entre ciencia, tecnología, innovación y relaciones internacionales orientadas tanto a afrontar retos globales como a promover los intereses estratégicos de los países.

La publicación en 2025 del informe *Science Diplomacy in an Era of Disruption*, de la Royal Society y la AAAS, refleja precisamente esta evolución. Frente a una visión más centrada en la cooperación científica internacional, el nuevo contexto exige reconocer que la diplomacia científica opera en un entorno más competitivo, con nuevos actores, mayores riesgos de seguridad y una relación cada vez más estrecha entre conocimiento, poder y valores democráticos.

La Unión Europea también ha situado la diplomacia científica entre los instrumentos de su acción exterior. El *European Framework for Science Diplomacy* apunta en una dirección clara: Europa necesita coordinar mejor su enorme capital científico para no desperdiciar influencia, y al mismo tiempo proteger su investigación de interferencias externas sin renunciar a la cooperación internacional ni a la promoción de valores compartidos.

España no ha permanecido ajena a esta evolución. Durante los últimos quince años ha desarrollado una trayectoria singular que combina iniciativas institucionales, participación activa de la comunidad científica y una estrecha colaboración con las asociaciones de investigadores españoles en el exterior. Este proceso ha permitido construir un modelo reconocido en el ámbito europeo por su capacidad para integrar administraciones públicas, organismos científicos y sociedad civil en torno a objetivos compartidos.



Los primeros pasos de la diplomacia científica española

Aunque la colaboración científica internacional ha formado parte tradicionalmente de la acción exterior española, la incorporación explícita de la diplomacia científica como ámbito de actuación comenzó a consolidarse durante la década de 2010. La creciente importancia que la ciencia y la innovación adquirían en la agenda internacional coincidió con una reflexión más amplia sobre la necesidad de reforzar la internacionalización del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI) y mejorar la coordinación entre los responsables de la política científica y de la política exterior.

En este contexto surgió una de las iniciativas más innovadoras desarrolladas por la administración española en este ámbito: el programa piloto de diplomacia científica impulsado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), en coordinación con el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU) y el Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación (MAEUEC), a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

Entre 2015 y 2018, este programa permitió desplegar coordinadores científicos en tres embajadas estratégicas: Estados Unidos, Reino Unido y Alemania. El objetivo era explorar nuevas formas de integrar la ciencia y la innovación en la acción exterior española, fortalecer las relaciones bilaterales en materia de investigación y facilitar la conexión entre la comunidad científica española y las instituciones de los países de acogida. No se trataba únicamente de promover la cooperación científica internacional, sino de identificar oportunidades estratégicas, apoyar la internacionalización de los agentes del sistema español de I+D+i, facilitar el diálogo entre investigadores y responsables políticos, y reforzar la visibilidad internacional de la ciencia española.

El programa piloto también introdujo un elemento que posteriormente se convertiría en una de las características más reconocibles de la diplomacia científica española: la estrecha colaboración con las asociaciones de científicos españoles en el exterior. Estas asociaciones, creadas por investigadores y profesionales españoles establecidos en distintos países, se consolidaron rápidamente como

interlocutores privilegiados para comprender las necesidades de la diáspora científica y fortalecer los vínculos entre España y sus comunidades de talento en el extranjero.

Los resultados obtenidos durante aquellos años demostraron el potencial de este enfoque. La experiencia permitió generar nuevas redes de colaboración, mejorar la coordinación entre distintos organismos de la Administración General del Estado con presencia internacional y situar a España entre los países europeos más activos en la reflexión sobre el papel de la ciencia en las relaciones internacionales.

Un modelo basado en la colaboración

El valor diferencial de la diplomacia científica española ha sido la construcción progresiva de un ecosistema colaborativo. Su fortaleza reside en una relación triangular entre el SECTI, la acción exterior del Estado y la sociedad civil científica organizada.

Por un lado, el MICIU ha contribuido a incorporar la diplomacia científica en la internacionalización del sistema español de ciencia, tecnología e innovación. A través de diferentes organismos ha desempeñado un papel especialmente

relevante como agente de conexión, impulsando redes, formación, proyectos europeos y actividades de difusión de la ciencia española en el exterior.

Por otro lado, la red exterior del MAEUEC ha sido fundamental para integrar la ciencia en la acción diplomática. Embajadas, consejerías culturales y científicas, oficinas sectoriales y representaciones ante organismos internacionales han permitido conectar la política científica española con prioridades bilaterales, multilaterales y de cooperación.

El tercer actor clave es la sociedad civil científica, representada por RAICEX, la Red de Asociaciones de Investigadores y Científicos Españoles en el Exterior. Su origen ilustra una de las singularidades del caso español: muchas de estas asociaciones nacieron de forma autónoma, impulsadas por investigadores españoles residentes en otros países que querían mantener vínculos con España, apoyar a nuevas generaciones de científicos en movilidad y contribuir a mejorar el sistema nacional de I+D+i. Con el tiempo, estas asociaciones se han consolidado como una red global de talento y de experiencia. RAICEX agrupa hoy a más de veinte asociaciones y actúa como interlocutor estratégico para la administración española.

Este modelo triangular ha permitido que la diplomacia científica española se desarrolle de forma flexible y relativamente ágil, combinando impulso institucional y dinamismo social.

De la experimentación a la consolidación institucional

La diplomacia científica española ha pasado, en poco más de una década, de ser un conjunto de iniciativas pioneras a formar parte de las estrategias públicas de ciencia y acción exterior. Este proceso de consolidación se refleja en la inclusión explícita de la diplomacia

científica en documentos estratégicos nacionales, en la coordinación entre ministerios y en la participación de múltiples organismos del sistema público de I+D+i.

La Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 y la Estrategia de Acción Exterior 2021-2024 incorporaron por primera vez referencias claras a la diplomacia científica y a la necesidad de reforzar la proyección internacional del sistema español de ciencia e innovación. La Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de 2022 reforzó asimismo la importancia de la internacionalización del sistema y de la cooperación científica como herramientas clave para el desarrollo científico y tecnológico del país. Esta dinámica ha contribuido a generar una comunidad cada vez más cohesionada y a consolidar una visión compartida del papel de la ciencia y la innovación en la acción exterior de España.

España en la diplomacia científica europea

La trayectoria española no puede entenderse al margen del desarrollo de la diplomacia científica europea. De hecho, España ha contribuido activamente a este proceso desde sus primeras fases. La participación de FECYT en el proyecto europeo *Using Science for/in Diplomacy for Addressing Global Challenges* (S4D4C), permitió conectar la experiencia española con una comunidad europea emergente formada por científicos, diplomáticos, responsables políticos, gestores de investigación e instituciones internacionales.

S4D4C fue uno de los primeros grandes proyectos europeos dedicados específicamente a analizar, formar y proponer instrumentos para la diplomacia científica. Entre sus resultados destacan estudios de caso, materiales formativos, y espacios de encuentro internacional. España tuvo un

papel especialmente visible en este proceso, entre otras razones por aprobación en 2019 de la Declaración de Madrid sobre Diplomacia Científica, que articuló una visión compartida sobre el papel de la ciencia en la respuesta a los desafíos globales.

El legado de S4D4C contribuyó posteriormente a la creación de la EU Science Diplomacy Alliance, una red europea dedicada al desarrollo de capacidades en este ámbito. España participó en su creación a través de FECYT, una de las siete instituciones fundadoras de la Alianza en 2021. Desde entonces, la presencia española se ha ampliado con la incorporación de otras entidades, como el CSIC y la AECID, reflejando el compromiso del país con la construcción de una comunidad europea de diplomacia científica.

La creciente madurez de este ámbito en Europa culminó con la elaboración del *European Framework for Science Diplomacy*. Coordinado por la Comisión Europea, este proceso reunió a científicos, diplomáticos y responsables políticos de distintos Estados miembros para definir una visión común de la diplomacia científica europea. España contribuyó activamente a través de varios grupos de trabajo y de la propia *EU Science Diplomacy Alliance*. El marco consolida una aproximación más estratégica a la diplomacia científica, incorporando cuestiones como la seguridad en la investigación, la protección del conocimiento sensible o el equilibrio entre apertura científica y autonomía estratégica.

Esta evolución ha venido acompañada de nuevas iniciativas europeas destinadas a reforzar las capacidades en diplomacia científica. Entre ellas destaca CUSP (por sus siglas en inglés, *Capacity Building for Science Diplomacy*), un proyecto financiado por Horizonte Europa que inició su actividad en

junio de 2026. La participación en este proyecto permitirá a España seguir contribuyendo a prioridades clave para Europa, como la profesionalización de perfiles, la creación de capacidades y la consolidación de comunidades de práctica, al tiempo que apoya la implementación del *European Framework for Science Diplomacy*.

Retos para la próxima década

La diplomacia científica española se encuentra en una nueva fase. Tras años de experimentación y consolidación, el reto es convertir las capacidades acumuladas en una arquitectura estratégica y sostenible.

La primera prioridad es la profesionalización. La diplomacia científica requiere personas capaces de traducir entre comunidades: científicos que comprendan la lógica de la acción exterior y diplomáticos que sepan interpretar la relevancia estratégica del conocimiento científico y tecnológico. La formación, los programas de intercambio y las carreras profesionales híbridas serán esenciales.

Relacionado con esto está el reto tecnológico. La diplomacia científica no puede limitarse a la cooperación académica o a la divulgación internacional. Debe prestar atención a sectores como la inteligencia artificial, la biotecnología, el espacio, los océanos, materiales avanzados o tecnologías cuánticas, todos ellos vinculados a la competitividad y la seguridad.

El tercer reto es consolidar mecanismos de asesoramiento científico para la acción exterior. Las decisiones diplomáticas se toman cada vez más en entornos marcados por la complejidad técnica. Contar con evidencia científica, anticipación tecnológica y redes expertas puede mejorar la calidad de la acción pública y la capacidad de respuesta ante crisis.

El cuarto reto es seguir aprovechando el valor de la diáspora científica. Las asociaciones de

investigadores en el exterior y RAICES constituyen un activo estratégico para España. Su conocimiento de otros sistemas científicos, su posición en instituciones internacionales y su capacidad de conexión con España deben seguir formando parte central del modelo.

El quinto reto es contribuir a la implementación del marco europeo de diplomacia científica. España puede desempeñar un papel relevante si combina su experiencia institucional, su red de actores y su vocación de puente con regiones como América Latina y el Mediterráneo.

Conclusión

En apenas una década, España ha pasado de desarrollar experiencias piloto de diplomacia científica a convertirse en uno de los países europeos más activos en este ámbito. Su principal fortaleza no ha sido la existencia de una estructura única, sino la creación de un modelo colaborativo entre administración

pública, comunidad científica y sociedad civil organizada.

La construcción de este modelo ha sido posible gracias a la colaboración entre administraciones públicas, organismos de investigación, entidades de financiación, asociaciones de científicos en el exterior y otros actores del ecosistema. Esta articulación ha permitido proyectar internacionalmente la ciencia española, generar confianza y cooperación con socios internacionales y contribuir activamente a la definición de la agenda europea de diplomacia científica. La próxima etapa exigirá más capacidades profesionales y una visión estratégica adaptada a un mundo en el que la ciencia es, simultáneamente, espacio de cooperación, fuente de poder y herramienta para afrontar desafíos compartidos. En ese equilibrio entre apertura, seguridad, valores e intereses se jugará buena parte del futuro de la diplomacia científica. España cuenta con una experiencia valiosa para contribuir a ese futuro.

Para leer más

The Royal Society & American Association for the Advancement of Science. Science diplomacy in an era of disruption. The Royal Society-AAS (2025).

Comisión Europea. A European Framework for Science Diplomacy. Publications Office of the European Union (2025).

Gobierno de España. Informe sobre Diplomacia Científica, Tecnológica y de Innovación. Ministerio de Economía y Competitividad, Madrid (2016).

Gobierno de España. Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027. Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid (2021).

S4D4C. The Madrid Declaration on Science Diplomacy. Madrid (2019).

The Royal Society & American Association for the Advancement of Science. New Frontiers in Science Diplomacy. The Royal Society-AAAS, London (2010).

CIENCIA SIN FRONTERAS: EL PAPEL DE LA DIÁSPORA CIENTÍFICA ORGANIZADA EN LA DIPLOMACIA

Sara Alvira, Igor Arrieta, Irene Echeverría-Altuna,
Javier Pardo-Díaz, Carmen Sánchez-Cañizares

Sociedad de Científicos Españoles en Reino Unido (CERU)

<https://doi.org/10.18567/sebbmrev.230.202609.dc3>



Ciencia como herramienta de *soft diplomacy*

La capacidad de los investigadores para comunicarse y colaborar trasciende fronteras y es un pilar esencial del progreso científico. La ciencia funciona como un lenguaje universal, y la inmensa mayoría de los problemas que aborda no se ajustan a divisiones territoriales. Los proyectos conjuntos de investigación no sólo combinan capacidades tecnológicas y recursos, sino que también contribuyen a establecer, fortalecer y mantener relaciones diplomáticas. La ciencia es, por naturaleza, un esfuerzo multicultural: los equipos de investigación integran científicos de múltiples países, lenguas y tradiciones, que trabajan conjuntamente hacia objetivos comunes.

Este carácter transnacional la convierte en un instrumento privilegiado de la geopolítica moderna para tender puentes allí donde los canales diplomáticos tradicionales son insuficientes por barreras ideológicas o políticas. La cooperación científica internacional no sólo produce conocimiento, sino que también genera confianza y refuerza vínculos entre comunidades y países. La ciencia actúa así como una forma de poder suave (*soft power*), entendida como la capacidad de influir mediante valores compartidos y conocimiento. A través de redes de investigación, intercambios académicos y proyectos colaborativos, se fomenta el diálogo, el entendimiento mutuo y la construcción de soluciones. Estas dinámicas

son fundamentales en un contexto global donde la diversidad de actores, estatales y no estatales, exige nuevas formas de gobernanza basadas en la evidencia y la cooperación.

En la actualidad, la relevancia de la diplomacia científica es creciente. La Unión Europea, por ejemplo, ha articulado recientemente un marco estratégico que sitúa la ciencia como un pilar de su política exterior, destacando su papel como bien público global y su capacidad para generar confianza y facilitar el diálogo con terceros países. Este reconocimiento refleja una tendencia más amplia: la integración del conocimiento científico en la acción exterior para afrontar desafíos globales y fortalecer alianzas.

El gran desafío actual radica en proteger y fortalecer este ecosistema. En un contexto de creciente polarización y tensiones geopolíticas, la ciencia no debe convertirse en un instrumento de aislamiento, sino en un espacio privilegiado para el diálogo y la cooperación. Al mismo tiempo, la creciente importancia estratégica del conocimiento científico y tecnológico exige prestar atención a cuestiones relacionadas con la seguridad de la investigación (*research security*), garantizando que la colaboración internacional se desarrolle de forma abierta y responsable, protegiendo la integridad de la investigación y los intereses legítimos de las instituciones y los Estados, con el objetivo de salvaguardar los derechos y libertades democráticas. Integrar el conocimiento científico en la acción exterior es una necesidad para anticipar crisis globales, reforzar alianzas y favorecer procesos colectivos de toma de decisiones informadas. Asimismo, comprender cómo funcionan las redes académicas y los sistemas científicos extranjeros es imprescindible para desarrollar una estrategia de diplomacia científica y explotar los vínculos multilaterales existentes. En este escenario, la diplomacia científica se consolida como una herramienta clave para avanzar hacia un sistema internacional basado en la evidencia, confianza y cooperación.

Asociaciones de investigadores migrantes como actores en diplomacia científica

La diáspora científica se ha consolidado como actor esencial en la diplomacia científica al desempeñar un papel activo como asesores independientes, mediadores neutrales y constructores de redes estratégicas y colaboraciones internacionales de alto valor para el progreso científico. Esta diáspora científica

reúne a profesionales altamente cualificados e interdisciplinarios, con conexiones tanto en el país de origen como en el país de residencia. A través de sus iniciativas, conectan de forma orgánica a las comunidades investigadoras, instituciones académicas, diplomáticos y responsables políticos de diversos países, contribuyendo a integrar el conocimiento en la acción exterior y a fortalecer los vínculos transnacionales.

Otro ámbito de actuación clave es el apoyo a la movilidad y al desarrollo de la carrera investigadora. A través de programas de movilidad bilateral y de mentoría, y plataformas de información y acompañamiento, estas asociaciones facilitan la circulación de talento y reducen las barreras administrativas, culturales y profesionales que afectan a los investigadores en contextos internacionales. Al mismo tiempo, desempeñan un papel relevante en la producción de informes y en el asesoramiento, proporcionando evidencia independiente que orienta tanto el diseño de políticas públicas como el de estrategias institucionales en materia de política científica. En este contexto, las diásporas científicas ocupan una posición estratégica al combinar un conocimiento profundo de los sistemas de I+D+i de sus países de origen y de acogida, con el mantenimiento de vínculos sólidos con instituciones de ambos entornos (Figura 1).

Este conocimiento comparativo constituye un activo de gran valor para la diplomacia científica: permite identificar políticas y prácticas de éxito en distintos contextos nacionales, y explorar cómo trasladarlas o adaptarlas al sistema científico español, (p. ej. Libro Blanco sobre Políticas de Género en la Ciencia y la Academia). Se enriquece así el diálogo entre países y se abren vías concretas de colaboración,

fomentando también la atracción y retención de talento. Esta doble pertenencia les permite actuar como puentes bi-direccionales efectivos, facilitando el diseño de estrategias conjuntas y el entendimiento entre culturas científicas diversas.

En un entorno global marcado por crisis recientes y disrupciones en los sistemas de investigación, el papel de estas organizaciones resulta aún más relevante. Las diásporas científicas, aportan una perspectiva particular que a menudo falta o se diluye en las políticas diseñadas a gran escala. Son capaces de identificar obstáculos concretos, desde barreras administrativas hasta problemas en el reconocimiento de cualificaciones, y de canalizar esta información hacia los responsables de la toma de decisiones.

Por ello, integrar formalmente a estas comunidades en los procesos de formulación de políticas científicas y exteriores constituye una estrategia clave para una diplomacia científica más eficaz e inclusiva. Las asociaciones científicas, especialmente aquellas surgidas desde la sociedad civil, permiten mantener un vínculo directo con la realidad investigadora y avanzar hacia un modelo de gobernanza basado en la cooperación, el conocimiento compartido y la participación activa de la comunidad científica global.

Interacción con embajadas (consejerías científicas), gobiernos y organismos multilaterales

La diplomacia constituye uno de los objetivos principales de la diáspora científica, orientada a promover la colaboración entre investigadores, instituciones científicas y la sociedad civil en distintos contextos internacionales. Desde esta perspectiva, su actividad contribuye a reforzar la dimensión internacional de la investigación y a favorecer



Figura 1
Contribuciones de la diáspora científica organizada a la diplomacia científica.

dinámicas de cooperación intersectorial e interdisciplinar sostenidas en el tiempo.

Una de las vías cruciales de acción diplomática de estas asociaciones científicas es su interlocución con organismos relevantes: las Consejerías Científicas y Culturales de las Embajadas de su país de origen; los gobiernos de los países en los que están ubicadas, a menudo a través de instituciones con orientación científica; y otros actores multilaterales relevantes para la diplomacia, como la Comisión Europea, organismos del sector privado (p. ej. ONGs, empresas y fundaciones) y medios de comunicación.

En tanto que representantes de la sociedad civil, estas asociaciones científicas gozan de independencia respecto de las

agendas políticas de los gobiernos. Esta autonomía las convierte en portavoces de la diáspora científica, capaces de canalizar sus propuestas e intereses sin estar condicionadas por agendas políticas e ideológicas, dotándolas además de la continuidad institucional necesaria que los ciclos políticos a menudo no pueden garantizar. A esta independencia se suma una notable flexibilidad operativa. El reducido tamaño de muchas asociaciones, su estructura administrativa liviana y la agilidad en la toma de decisiones las convierten en actores capaces de responder con rapidez a las necesidades cambiantes de su entorno. Sus marcos de gobernanza se adaptan con relativa facilidad a las circunstancias cambiantes en contextos internacionales e

interinstitucionales, a menudo complejos y en evolución constante. A ello se añade su arraigo en las comunidades locales: al estar integradas por investigadores que viven y trabajan en el país de acogida, estas asociaciones tienen acceso directo a instituciones científicas y organismos locales, lo que facilita una interlocución más fluida y colaboraciones más efectivas.

Otro valor diferencial de estas asociaciones reside en su capacidad para conectar múltiples actores del ámbito de la diplomacia, facilitando la interacción entre investigadores, instituciones científicas y organismos del sector público y privado. Estas interacciones catalizan la colaboración conjunta en proyectos concretos frente a retos transnacionales

compartidos, poniendo en valor las contribuciones de los investigadores españoles más allá de fronteras nacionales. Esta función mediadora resulta especialmente valiosa para el desarrollo de acciones diplomáticas basadas en el conocimiento científico y la cooperación intersectorial.

RAICEX y la diáspora científica española

La diáspora científica española constituye un ejemplo paradigmático del potencial de las redes de investigadores como actores de diplomacia científica. Surgidas en gran medida tras la crisis económica de 2008, las asociaciones de científicos españoles en el exterior se organizaron inicialmente de forma espontánea, con la Sociedad de Científicos Españoles en Reino Unido ([CERU](#)), fundada en 2012, como iniciativa pionera. Este movimiento asociativo, nacido desde la sociedad civil, no sólo permitió dar visibilidad a la comunidad investigadora en el extranjero, sino que también inspiró la creación de redes similares en otros países, demostrando el poder de la articulación colectiva y las conexiones multilaterales.

En este contexto, en 2018 emerge [RAICEX](#) (Red de Asociaciones de Investigadores y Científicos Españoles en el Exterior), una red global que actualmente agrupa a más de 4.500 investigadores a través de 22 asociaciones presentes en 40 países en los cinco continentes. RAICEX actúa como un foro común que conecta a la diáspora científica con el Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI) y el Consejo de la Ciudadanía Española en Exterior (del cual es miembro), promoviendo el intercambio de conocimiento, experiencias y oportunidades. Su origen y funcionamiento *bottom-up*, desde

la sociedad civil, le confieren una especial legitimidad y capacidad para canalizar las necesidades y propuestas de la comunidad investigadora.

La fortaleza de RAICEX reside en su capacidad para conectar la sociedad civil científica y los actores gubernamentales. Por un lado, representa a la comunidad científica española en el exterior ante instituciones, organismos públicos y agentes políticos, defendiendo sus intereses y contribuyendo a su visibilidad internacional. Por otro lado, actúa como órgano asesor, transformando la experiencia acumulada de sus miembros, muchos con trayectorias en varios países, en propuestas concretas de mejora para el sistema científico español. Este flujo de información permite no solo trasladar inquietudes desde la diáspora hacia las instituciones, sino también difundir oportunidades y políticas del sistema nacional entre los investigadores en el exterior.

Asimismo, RAICEX, a través de su red global y de la organización de reuniones anuales de diplomacia científica, desempeña un papel clave en la facilitación de relaciones internacionales en investigación, generando espacios de diálogo entre investigadores de todo el mundo, responsables políticos y representantes institucionales. Estos encuentros favorecen una mayor integración del conocimiento en la toma de decisiones y promueven una visión estratégica de la cooperación científica internacional. La creación de estos espacios de diálogo se complementa con la producción de informes, recomendaciones y análisis comparativos que aportan evidencia para el diseño de políticas públicas en el sistema de I+D+i, esto es, en el ámbito de la política científica (*science policy*). Iniciativas lideradas por la Comisión de Política y Diplomacia

Científica de RAICEX tales como el informe ATRAE o las contribuciones a reformas legislativas en el ámbito universitario y científico reflejan la capacidad de RAICEX para influir en agendas nacionales, integrando buenas prácticas observadas en distintos sistemas internacionales. La mayoría de estos documentos se elaboraron en respuesta a consultas públicas oficiales, procesos de audiencia e información pública, o iniciativas legislativas y regulatorias impulsadas por las administraciones públicas. Los más recientes, del período 2022-2026, se muestran en la ([Figura 2](#)).

Por otro lado, RAICEX también contribuye al ecosistema de asesoramiento científico para las políticas públicas (*science for policy*) que ha emergido y ya se está consolidando en España, mediante actividades de formación para sus miembros y elaboración de informes comparativos y transnacionales basados en el conocimiento científico de los miembros que forman la Red.

Además de su función asesora, RAICEX actúa como catalizador de iniciativas multilaterales y colaboraciones internacionales. La coordinación de asociaciones en múltiples países potencia el impacto de las acciones individuales de cada una de ellas. Esta dimensión internacional se traduce también en una mayor proyección de la ciencia española, reforzando su visibilidad y posicionamiento en el contexto global. Un elemento central de su actividad es la conexión entre la diáspora científica y el sistema nacional. Frente a la narrativa tradicional de «fuga de cerebros», RAICEX promueve un enfoque de «circulación del talento» o *brain circulation*, en el que los investigadores en el exterior se configuran como activos estratégicos. A través de asesoramiento, difusión de oportunidades y apoyo a la movilidad, la red contribuye

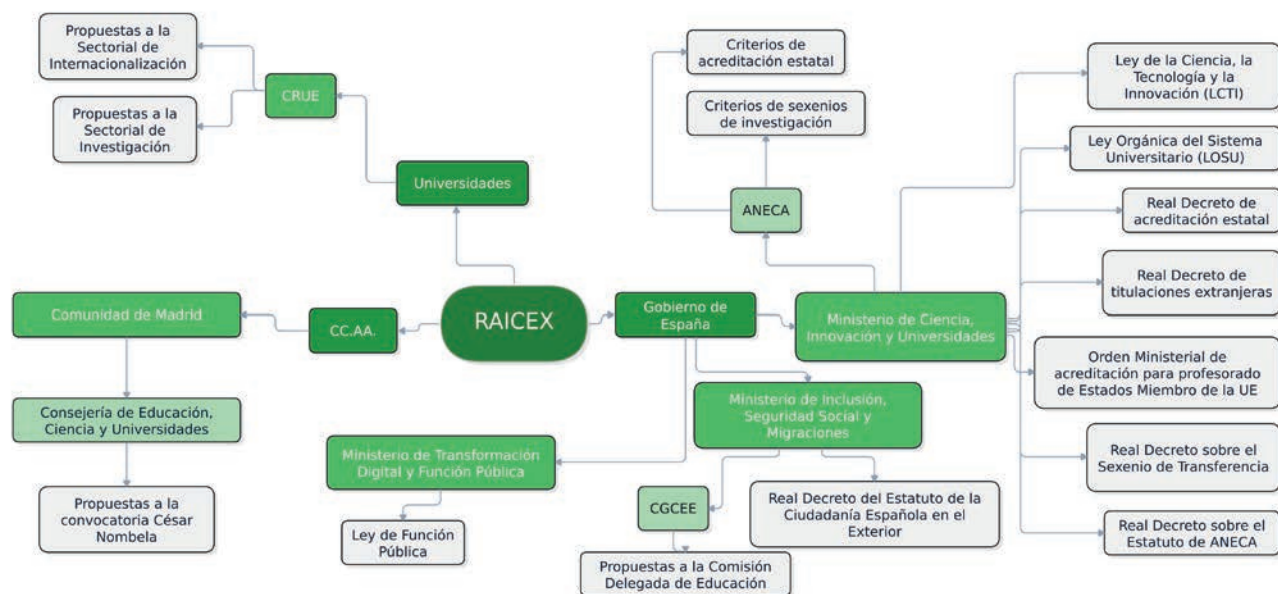


Figura 2

Propuestas e informes de posicionamiento elaborados por RAICEX en materia de política científica y universitaria, y remitidos a diferentes instituciones y organismos españoles durante el período 2022–2026.

a facilitar la (re)integración en el sistema español o la colaboración desde el extranjero, consolidando una comunidad científica transnacional.

En menos de diez años de recorrido, RAICEX se ha consolidado como un actor clave en la diplomacia científica contemporánea. Su capacidad para articular una diáspora diversa, generar conocimiento útil para la política científica y construir puentes entre países e instituciones ilustra el valor de las redes científicas organizadas como instrumentos de influencia, cooperación e innovación en el sistema internacional.

CONNECTS-UK como extensión paneuropea

Si las asociaciones nacionales demuestran el valor de la diáspora científica a nivel bilateral, iniciativas transnacionales como [CONNECTS-UK](#) llevan este

modelo un paso más allá, hacia una diplomacia científica de escala paneuropea. La plataforma, liderada por CERU, surge de la colaboración entre distintas asociaciones de investigadores europeos en el Reino Unido y propone un enfoque innovador: integrar la diversidad de la comunidad científica europea del país de origen en una red coordinada, con voz colectiva y mayor impacto.

En un contexto especialmente complejo como el posterior al Brexit, CONNECTS-UK ha contribuido a mantener abiertos canales de colaboración entre el Reino Unido, la Unión Europea e individualmente con los países de origen de las asociaciones miembro. A través de las numerosas actividades organizadas en el marco de un proyecto cofinanciado por la Unión Europea, CONNECTS-UK ha facilitado un intercambio directo entre investigadores,

actores institucionales, responsables diplomáticos y políticos, y la propia sociedad. Al fortalecer las conexiones, facilitar espacios de diálogo y abogar por la cooperación EU-UK en el ámbito científico, la plataforma ha contribuido a sostener relaciones que van más allá de los marcos institucionales formales, demostrando el papel clave de la sociedad civil científica en la diplomacia contemporánea y la promoción de los valores europeos. El alto nivel de participación en sus iniciativas ha ido acompañado de una fuerte implicación por parte de los asistentes, quienes destacaron el valor de reconectar con redes europeas y contribuir activamente a dinámicas de cooperación científica que perduran más allá de cada iniciativa concreta. Estas experiencias favorecen la incorporación de la perspectiva de la comunidad científica en debates

sobre movilidad, financiación y cooperación internacional, y refuerza el reconocimiento de estas redes como actores relevantes en el diálogo diplomático-científico.

CONNECTS-UK ha sabido canalizar con éxito la capacidad de coordinación entre múltiples diásporas (españolas, italianas, portuguesas, holandesas o polacas, entre otras), evidenciando sinergias que han cohesionado y movilizado una comunidad científica diversa y distribuida que trasciende los enfoques nacionales. Esta dimensión multilateral ha permitido amplificar el impacto colectivo, no sólo en términos de creación de redes, sino también en la producción de conocimiento y en su proyección como agente interlocutor hacia el ámbito político.

En conjunto, CONNECTS-UK ilustra el potencial de iniciativas como RAICEX cuando se proyectan en clave internacional: redes distribuidas, colaborativas y flexibles que, desde la base científica y la cooperación, contribuyen activamente a la diplomacia científica y a la construcción de relaciones multilaterales sostenidas, especialmente relevantes en contextos geopolíticos complejos.

Conclusión

En este contexto, la ciencia se consolida como una herramienta esencial de *soft diplomacy*, capaz de trascender fronteras políticas y generar espacios de cooperación basados en la confianza y el conocimiento compartido.

Iniciativas impulsadas por redes como RAICEX o plataformas de conexión internacional como CONNECTS-UK demuestran cómo las comunidades científicas organizadas pueden actuar como interlocutores entre países, articulando diálogos, facilitando colaboraciones y aportando evidencia a la toma de decisiones. Al integrar actores de la sociedad civil científica en la esfera internacional, estas redes amplifican el alcance del conocimiento y refuerzan la proyección exterior de la ciencia. Así, la diplomacia científica no solo impulsa el progreso, sino que se convierte en un pilar para avanzar hacia un orden global más colaborativo, inclusivo y basado en la evidencia.

Para leer más

Amigo Dotras VA, Bento A, Mauduit JC, van Meurs N, Molteni C, Mroczek M, Rajantie A, Valadas A, Vrhunc J, Pardo-Díaz J. The Pivotal Role of EU Research Diasporas in EU-UK Scientific and Diplomatic Relations. *Science & Diplomacy* (2024). <https://doi.org/10.1126/scidip.adt9867>

El Consejo define un nuevo marco para la diplomacia de la ciencia <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2026/05/29/council-defines-a-new-framework-for-science-diplomacy/>

Elorza Moreno A, Melchor L, Orts-Gil G, Gracia C, Lacunza I, Izquierdo B, and Fernández-Vera JI. Spanish Science Diplomacy: A Global and Collaborative BottomUp Approach. *Science & Diplomacy*, 6 (2017). <https://www.sciencediplomacy.org/article/2017/spanish-science-diplomacy-global-and-collaborative-bottom-approach>

Red de Asociaciones de Investigadores en el Exterior (RAICEX). Informe ATRAE: <https://raicex.org/informe-atrae/>

Red de Asociaciones de Investigadores en el Exterior (RAICEX). Libro Blanco sobre Políticas de Género en la Ciencia y la Academia: <https://raicex.org/el-libro-blanco-de-raicex-sobre-politicas-de-genero-en-la-ciencia-y-la-academia-ya-esta-disponible/>

Ortega-Paíno E, Oliver E. RAICEX: A Successful Story of the Spanish Scientific Diaspora. *Frontiers in Research Metrics and Analytics* 7 (2022) 905765. <https://doi.org/10.3389/frma.2022.905765>

Sociedad de Científicos Españoles en Reino Unido (CERU). El impacto del Brexit en la movilidad estudiantil y académica. El papel de la diáspora científica española en los desafíos derivados del Brexit. <https://sruc.org.uk/wp-content/uploads/2024/06/el-impacto-del-brexite-en-la-movilidad-estudiantil-y-academica.pdf>

DIPLOMACIA CIENTÍFICA: PRÁCTICA Y PROFESIÓN PARA UN MUNDO EN TRANSFORMACIÓN

Franklin Carrero-Martínez

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, EE.UU.*

https://doi.org/10.18567/sebbmrev_230.202609.dc4



La práctica antes del término

Cuando Benjamín Franklin llegó a París en diciembre de 1776 los franceses sabían exactamente quién era: el científico que había domesticado el rayo, inventor de la estufa que llevaba su nombre, el filósofo natural que correspondía con las mentes más brillantes de Europa. No llegó como diplomático de carrera, sino como científico, y fue esa credibilidad la que convirtió su misión en un éxito extraordinario. Convenció a Francia de apoyar la independencia estadounidense no solo con argumentos políticos, sino con la autoridad de quien había demostrado, en el laboratorio

y en la vida pública, que las ideas podían transformar al mundo.

Benjamín Franklin no usaba el término diplomacia científica. Nadie lo usaba entonces. Pero sí la practicaba con una maestría que pocos han igualado. La práctica antecede al término por siglos. Lo que hoy llamamos diplomacia científica tiene raíces profundas en la historia de cómo las naciones han usado el conocimiento, los científicos y las instituciones científicas para construir puentes donde la política sola no alcanzaba.

El término fue popularizado a partir de 2010 por la Royal Society

del Reino Unido y la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia de los Estados Unidos. Ambas propusieron una tipología centrada en tres dimensiones: la ciencia en la diplomacia, la diplomacia para la ciencia, y la ciencia para la diplomacia. Útil como punto de partida y referencia fundacional, esa tipología resulta insuficiente para capturar la complejidad de la práctica contemporánea. Este reconocimiento no es solo académico. En febrero de 2025, ambas instituciones redujeron su marco a dos dimensiones: la ciencia que incide sobre la diplomacia y la diplomacia que incide sobre la ciencia. Ese mismo mes, un informe de expertos de la Comisión Europea propuso una cuarta dimensión sobre la tipología original, la «diplomacia en la ciencia»; ese trabajo nutrió la propuesta que la Comisión presentó y que el Consejo de la Unión Europea adoptó en mayo de 2026. Tanto la tipología original como estas revisiones organizan el campo principalmente por función. La taxonomía que propongo opera en un nivel de análisis complementario: no por su función, sino por quién tiene autoridad para comprometer al Estado y en qué condiciones esa autoridad puede ejercerse o perderse, un eje que atraviesa todas esas dimensiones, no solo una de ellas.

Una definición para un mundo complejo

Desde mi experiencia, la diplomacia científica es el uso deliberado del conocimiento científico, sus instituciones y conexiones, por actores estatales y no estatales, para avanzar objetivos de política exterior y construir cooperación transfronteriza, utilizando canales gubernamentales o intergubernamentales, al servicio de desafíos compartidos donde la ciencia provee lo que la política sola no puede ofrecer.

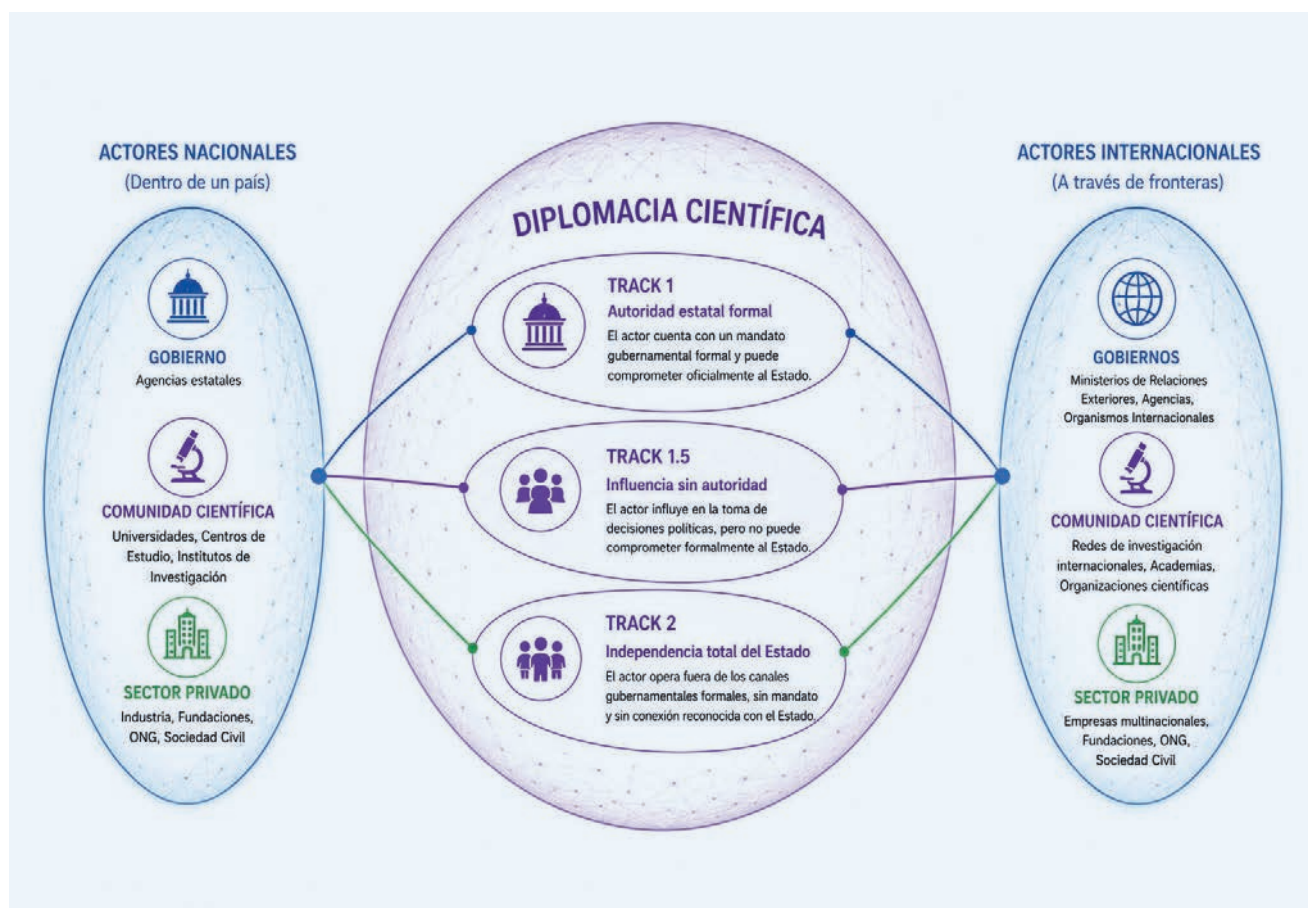


Figura 1

Esquema de los actores nacionales e internacionales de la diplomacia científica y su relación con *Track 1*, *Track 1.5* y *Track 2*, según su autoridad formal, capacidad de influencia y relación con el Estado.

Cada elemento importa. «Deliberado» distingue la diplomacia científica de la colaboración científica ordinaria: dos laboratorios que comparten datos o un investigador que se desplaza entre países hacen colaboración científica, no necesariamente diplomacia científica. «Actores estatales y no estatales» reconoce que el Estado no es el único protagonista, aunque frecuentemente sea un articulador central; los actores no estatales califican cuándo su trabajo utiliza o construye hacia canales gubernamentales o intergubernamentales, ya sea desde su origen o por reconocimiento posterior. «Utilizando canales gubernamentales o intergubernamentales» establece el vector necesario: la conexión, originada desde o eventualmente

reconocida por actores gubernamentales, con los mecanismos a través de los cuales se construye la cooperación transfronteriza. Y «donde la ciencia provee lo que la política sola no puede ofrecer» captura la esencia: hay desafíos, y momentos, donde la confianza, el conocimiento técnico compartido, o la viabilidad de implementación son el déficit principal, y la ciencia es el instrumento más poderoso para resolverlos.

Esta definición distingue la diplomacia científica de dos campos adyacentes con los que se confunde frecuentemente: la *política científica*, que organiza y financia los sistemas de investigación e innovación dentro de un país, y el *asesoramiento científico*, que usa evidencia para informar decisiones de política pública. La *diplomacia*

científica opera en la intersección entre el conocimiento científico y la gobernanza de los asuntos internacionales. Es un campo propio, con sus propias competencias, actores e instituciones.

Los tres modos de práctica en la diplomacia científica

Propongo comprender la complejidad de la diplomacia científica contemporánea mediante una taxonomía de tres niveles (Figura 1). El criterio organizador no es la naturaleza del actor, sino la autoridad que ostenta con relación al Estado: quién puede comprometer oficialmente al Estado (*Track 1*), quién puede explorar ideas con conectividad gubernamental reconocida (*Track 1.5*), y quién actúa de manera completamente independiente (*Track 2*). En la práctica,

la división entre niveles puede volverse borrosa, y en ocasiones la ambigüedad es parte de la estrategia. La pregunta decisiva no es cuán cerca está un actor del poder, sino si tiene autoridad para comprometer al Estado o solo capacidad para influir en él.

El *Track 1* es la diplomacia científica ejercida desde dentro del aparato del Estado con mandato formal: el científico diplomático en la cancillería, en la embajada, en la agencia de financiamiento científico con proyección internacional. Mi experiencia en la Oficina del Asesor Científico y Tecnológico del Departamento de Estado de los Estados Unidos, como Consejero Científico en la Embajada de Estados Unidos en México y en la Oficina Internacional de la Fundación Nacional de Ciencias, ilustra este *track* con claridad. Allí la diplomacia científica era una función formal del Estado, con mandato, recursos, contrapartes gubernamentales, y el objetivo explícito de avanzar la política exterior del gobierno de aquel momento. Lo que aprendí es que la formación científica no es un adorno: el científico que llega a la mesa de negociación entiende no solo el contenido técnico sino la cultura epistémica de sus contrapartes, cómo razonan, qué consideran evidencia robusta, dónde están las incertidumbres reales y dónde están las incertidumbres estratégicamente exageradas. Esa capacidad de navegación epistemológica es difícil de adquirir sin haber practicado la ciencia.

El *Track 1.5* es el espacio intermedio y, en muchos sentidos, el más importante estratégicamente: es donde la exploración independiente de ideas se convierte en acción institucional sin perder la flexibilidad que los canales oficiales no siempre permiten. Aquí los actores no estatales han alcanzado reconocimiento

gubernamental o intergubernamental, conectando la autoridad científica con la toma de decisiones políticas con impacto real.

El Protocolo de Montreal, adoptado en 1987, ilustra cómo los tres *tracks* pueden operar en un mismo proceso para producir un resultado que ninguno hubiera logrado por separado. El protocolo es *Track 1* en su resultado: negociado y firmado por representantes gubernamentales con autoridad plena. Pero el proceso dependió decisivamente de actores *Track 1.5*: la comunidad científica que documentó el agotamiento de la capa de ozono creó las condiciones epistémicas para el acuerdo, y el sector privado, incluido como actor con capacidad de influencia real, terminó desarrollando las alternativas tecnológicas que hicieron viable su cumplimiento. La ciencia proveyó el diagnóstico; la diplomacia del Estado construyó el acuerdo; los actores *Track 1.5* aportaron la viabilidad que la política sola no podía generar.

Mi trabajo actual en las Academias Nacionales de Ciencia, Ingeniería y Medicina ilustra cómo una misma institución puede operar en *Track 1.5* o *Track 2* según su conectividad gubernamental. Las Academias son instituciones privadas e independientes, con una relación histórica con el gobierno federal establecida por su carta constitutiva y una función reconocida de asesoramiento científico. Cuando una actividad tiene una solicitud o conexión gubernamental explícita, esa conectividad puede situarla en *Track 1.5*. Cuando construimos relaciones científicas sin ese vector gubernamental, operamos en *Track 2*, creando las condiciones para que eventualmente pueda existir un vector hacia el impacto político.

El *Track 2* es la diplomacia científica ejercida completamente

fuera de los canales gubernamentales formales, sin mandato ni conectividad reconocida con el Estado. Su valor reside en esa independencia: puede explorar ideas y construir relaciones donde la participación gubernamental directa sería contraproducente o políticamente imposible. El *Track 2*, aunque carezca de conectividad gubernamental en el momento en que opera, potencialmente pudiera ser diplomacia científica: construye las condiciones relacionales y epistémicas que hacen posible el vector gubernamental cuando las condiciones políticas lo permiten.

El ejemplo más poderoso son las Conferencias Pugwash, iniciadas en 1957 por científicos preocupados por el riesgo nuclear en plena Guerra Fría. Como institución, Pugwash operó en *Track 2*: nunca tuvo autoridad para comprometer a ningún gobierno. Su impacto sobre los tratados de control de armas nucleares, reconocido con el Premio Nobel de la Paz en 1995, se produjo porque varios de sus participantes eran individuos con acceso cercano a decisiones gubernamentales, con capacidad de llevar ideas exploradas en Pugwash de vuelta a los canales oficiales. Eran actores *Track 2* en Pugwash y simultáneamente actores *Track 1.5* en sus contextos nacionales: lo que define el *track* no es la persona sino el rol y la autoridad que ejerce en cada contexto. SESAME, el sincrotrón en Jordania establecido originalmente bajo los auspicios de la UNESCO que reúne a científicos de Israel, Palestina, Irán y otros países de la región, ilustra un *Track 1.5* desde su origen: conectividad intergubernamental e influencia real, pero sin autoridad para comprometer a ningún Estado, haciendo lo que solo ese nivel puede hacer en una región donde la cooperación política directa es virtualmente imposible.

	Track 1	Track 1.5	Track 2
Autoridad	Puede comprometer al Estado formalmente	Puede influir, no comprometer	Actúa independientemente del Estado
Actores típicos	Científicos diplomáticos y diplomáticos científicos, <i>attaches</i> , agencias gubernamentales	Academias de ciencias, universidades, fundaciones, ex funcionarios, organismos intergubernamentales	Redes científicas independientes, organizaciones de la sociedad civil
Vector gubernamental	Originado desde el Estado	Reconocido por el Estado	Ausente o no reconocido formalmente
Fortaleza	Autoridad para producir acuerdos vinculantes	Capacidad de explorar ideas sin comprometer posiciones oficiales	Independencia para operar donde la política no puede llegar
Vulnerabilidad	Subordinado directamente a prioridades políticas del gobierno de turno	Vulnerable a cambios de prioridades gubernamentales	Sin conectividad hacia impacto político directo
Ejemplos	Benjamín Franklin en Francia, Departamento de Estado, Embajada	NASEM: según contexto, SESAME, Pugwash como individuos. Protocolo de Montreal como proceso	Pugwash como institución, redes científicas en contextos de conflicto

La fragilidad estructural de la diplomacia científica

La taxonomía de tres *tracks* no es solo una herramienta descriptiva, es una herramienta para entender la fragilidad de las iniciativas de diplomacia científica. Conviene reconocer que la ciencia no es un instrumento neutral: está atravesada por intereses, asimetrías de capacidad, competencia tecnológica y prioridades nacionales que influyen en qué se investiga, quién financia la investigación, y qué evidencia llega a las mesas de negociación internacional. Esto no invalida el poder de la ciencia como instrumento diplomático, pero exige que quienes la practican mantengan una vigilancia

crítica sobre los intereses que la ciencia puede estar sirviendo en cada contexto.

Las modalidades de diplomacia científica vinculadas al Estado, por más institucionalizadas que estén, permanecen vulnerables a la subordinación por las prioridades de política exterior de quien ostenta el poder. Es una condición estructural que vale la pena entender: en la organización actual del Estado, la ciencia es solo una variable en una ecuación de extraordinaria complejidad. Cuando las prioridades gubernamentales se alinean con los desafíos compartidos, las iniciativas *Track 1.5* florecen. Cuando divergen, se ven forzadas a migrar hacia *Track 2*, preservando

relaciones y conocimiento hasta que las condiciones políticas cambien. Estamos viviendo este fenómeno en tiempo real: el retraimiento de actores dominantes en marcos científicos y de desarrollo internacionales está forzando a que iniciativas que habían alcanzado estabilidad institucional redefinan sus bases de apoyo y sus vectores de impacto. Lo que es nuevo no es el fenómeno sino su simultaneidad y velocidad en múltiples marcos institucionales a la vez, precisamente cuando los desafíos compartidos, el cambio climático, las pandemias, la regulación de la inteligencia artificial, la seguridad alimentaria, son más urgentes y transfronterizos que nunca.

La profesionalización y consolidación del campo: el científico diplomático y el diplomático científico

Una de las consecuencias más importantes del desarrollo del campo es la articulación de una profesión en la interfaz, y es necesario distinguir dos figuras que frecuentemente se confunden. El *científico diplomático* es el profesional con formación científica sólida que ha adquirido competencias diplomáticas y de política exterior. Su activo principal es la credibilidad científica y la capacidad de razonamiento epistémico: Benjamín Franklin era un científico diplomático en el sentido más pleno del término. El *diplomático científico* es el profesional con formación diplomática que ha adquirido suficiente competencia científica para navegar y evaluar los contenidos técnicos de su trabajo. Ambas figuras son necesarias, y ambas requieren formación específica en la interfaz. El científico sin competencias diplomáticas tiene un activo valioso pero incompleto. El diplomático sin formación científica corre el riesgo de convertirse en un transmisor de posiciones sin capacidad de evaluar su robustez.

La profesionalización implica construir trayectorias formativas que desarrollen ambas competencias de manera integrada: programas de formación en diplomacia científica, pasantías en la interfaz ciencia-política-diplomacia, y el reconocimiento institucional de esta figura como categoría profesional legítima en cancillerías, agencias de financiamiento científico, academias de ciencias y organizaciones internacionales. Para América Latina y el Sur Global esta profesionalización tiene una dimensión adicional: no se trata solo de formar profesionales en la interfaz, sino de construir capacidades propias, definir agendas situadas en las realidades regionales, y desarrollar formas de cooperación que amplíen genuinamente la participación de

estas comunidades en las decisiones internacionales. La experiencia histórica del campo sugiere que los actores cuya conectividad depende de socios dominantes son particularmente vulnerables cuando esos socios se retiran. La verdadera profesionalización implica reducir esa dependencia estructural, no solo navegar dentro de ella.

La ciencia como argumento cuando la política no alcanza

Benjamín Franklin no necesitaba que le explicaran por qué la ciencia era un instrumento diplomático poderoso. Lo sabía porque lo vivía. Dos siglos y medio después, la complejidad del mundo ha multiplicado exponencialmente tanto los desafíos compartidos que requieren cooperación transfronteriza como los obstáculos políticos que dificultan esa cooperación. La diplomacia científica, en sus tres *tracks*, enfrenta hoy una demanda sin precedentes precisamente

porque hay más momentos y más contextos donde la ciencia provee lo que la política sola no puede. Profesionalizar esa práctica no elimina su vulnerabilidad estructural, pero amplía la capacidad de adaptación y migración entre *tracks* cuando las condiciones políticas cambian, preservando relaciones y conocimiento hasta que sea posible recuperar el vector gubernamental. Darle nombre, darle formación, darle reconocimiento institucional, no es un ejercicio académico. Es una inversión en los instrumentos que las naciones, y la comunidad científica global, necesitarán para navegar en el siglo en curso.

**Las opiniones y puntos de vista expresados en este artículo son exclusivamente del autor y no deben interpretarse como representativo de las posiciones oficiales, políticas o decisiones de su institución de afiliación, empleador o entidades colaboradoras.*

Para leer más

Benedick RE. *Ozone Diplomacy: New Directions in Safeguarding the Planet*. Harvard University Press (1991).

Carrero-Martínez FA, Ohira M, Matsumoto CEH. Science Diplomacy in Latin America and the Caribbean: The Convergence of Science, Policy and Diplomacy to Solve Global Challenges. *Science & Diplomacy* (2024).

Ferreira GGC, Alarcón López C. A New Science Diplomacy in Latin America Embeds Knowledge in Public Institutions. *Issues in Science and Technology*, vol. XLII, no. 3, Spring (2026).

National Research Council, Engineering, and Medicine. The Pervasive Role of Science, Technology, and Health in Foreign Policy: Imperatives for the Department of State. Washington, DC: The National Academies Press (1999).

The Royal Society & AAAS. *New Frontiers in Science Diplomacy*. Londres (2010).

Ruffini PB. *Science and Diplomacy*. Springer (2017).

The Royal Society & AAAS. *Science Diplomacy in an Era of Disruption*. Londres/Washington DC (2025).

48^o CONGRESO INTERNACIONAL DE LA SEBBM



SEBBM
SEBBM

Sociedad Española de
Bioquímica y Biología Molecular

#48congresoSEBBM

TARRAGONA

7-10 Septiembre 2026



eurecat



JAN MARCO MÜLLER

Jefe del equipo de Enfoque Global,
Diálogo Multilateral y Diplomacia
Científica de la Comisión Europea
(Dirección General de Investigación
e Innovación)

Lola Delgado

«

España ha sido uno de los
países pioneros en diplomacia
científica en toda Europa

»



La ciencia se ha convertido en un activo geopolítico clave en un contexto de creciente competencia tecnológica y tensiones internacionales. En esta entrevista, el coordinador europeo de diplomacia científica, Jan Marco Müller, defiende que la Unión Europea debe reforzar su autonomía estratégica sin renunciar a la cooperación internacional y apostar por una diplomacia científica basada en la evidencia, la coordinación y las alianzas equitativas



Durante años, la diplomacia científica ha sido considerada un ámbito casi invisible, reservado a un reducido grupo de investigadores, diplomáticos y responsables de política científica.

Sin embargo, la creciente carrera tecnológica entre potencias, la pandemia de la Covid-19, la irrupción de la inteligencia artificial y la necesidad de afrontar desafíos globales como el cambio climático han situado la ciencia en el centro de la política internacional.

En este nuevo escenario, pocas personas han contribuido tanto a definir el papel que debe desempeñar Europa como Jan Marco Müller. Actualmente dirige el equipo de Enfoque Global, Diálogo Multilateral y Diplomacia Científica de la Dirección General de Investigación e Innovación de la Comisión Europea, desde donde coordina buena parte de la estrategia comunitaria para integrar la ciencia en la acción exterior de la Unión Europea.

Su trabajo consiste en tender puentes entre investigadores, diplomáticos e instituciones internacionales para que el conocimiento científico no solo genere innovación, sino que también contribuya a la seguridad, la cooperación y la estabilidad internacional.

Su trayectoria profesional le ha permitido conocer la diplomacia científica desde distintos ángulos. Antes de incorporarse a la Comisión Europea fue el primer asesor de Ciencia y Tecnología del Servicio Europeo de Acción Exterior (SEAE), un cargo pionero que marcó un cambio de paradigma en la política exterior de Europa. Aquella experiencia le permitió comprobar que la ciencia ya no podía limitarse a asesorar sobre

cuestiones técnicas, sino que debía convertirse en un elemento estratégico de la diplomacia europea.

Esa visión ha cobrado aún más fuerza en los últimos años. Para Müller, la investigación y la innovación se han transformado en auténticos activos geopolíticos. En un contexto de creciente rivalidad tecnológica entre Estados Unidos y China, la capacidad para generar conocimiento se ha convertido en una cuestión de poder, competitividad y autonomía estratégica. Sin embargo, insiste en que esta nueva realidad no debe interpretarse como el final de la

cooperación científica internacional. Al contrario: considera que la ciencia sigue siendo uno de los pocos lenguajes comunes capaces de mantener abiertos canales de diálogo incluso cuando las relaciones políticas atraviesan momentos de tensión.

«La investigación y la innovación se han convertido en activos geopolíticos»

«Debemos crear espacios donde científicos y diplomáticos puedan encontrarse, intercambiar ideas y debatir cuestiones de interés común»

Buena parte de ese planteamiento ha quedado plasmado en *Un marco europeo para la diplomacia científica* (*A European Framework for Science Diplomacy*), el primer marco estratégico europeo que define una visión común sobre el papel de la diplomacia científica en la Unión Europea. Müller ha desempeñado un papel central en este proceso, coordinando un amplio trabajo colaborativo que reunió a científicos, diplomáticos y expertos de múltiples disciplinas y generaciones, tanto de dentro como de fuera de la Unión Europea. El resultado es una hoja de ruta que pretende convertir la diplomacia científica en una herramienta estable de la política exterior europea.

Su planteamiento parte de una idea sencilla: la diplomacia científica ya no consiste únicamente en «tender puentes». También debe servir para defender los intereses estratégicos, los valores democráticos y la autonomía tecnológica de Europa. Para lograrlo sostiene que es necesario crear espacios donde científicos y diplomáticos trabajen conjuntamente, reforzar las capacidades de asesoramiento científico en las instituciones y aprovechar mejor los recursos ya existentes, como la extensa red europea de agregados científicos desplegados por todo el mundo.

A pesar del creciente peso de la geopolítica, Müller rechaza una visión proteccionista de la ciencia. Defiende que la seguridad de la investigación no debe convertirse en una barrera para la colaboración internacional, sino en un conjunto de herramientas que permitan evaluar riesgos y tomar decisiones informadas. Del mismo modo, insiste en que los grandes programas europeos, como Horizonte Europa, demuestran que es posible combinar apertura científica con la defensa de los intereses estratégicos de la Unión Europea. Su mirada también trasciende Europa. Considera que el futuro de la diplomacia científica dependerá en gran medida de la capacidad para construir asociaciones más equilibradas con el Sur Global. En ese sentido, destaca el dinamismo de América Latina, una región donde observa un creciente liderazgo en este ámbito y

cuyo potencial científico puede desempeñar un papel mucho más relevante en la gobernanza internacional. En esta entrevista, Jan Marco Müller analiza cómo la ciencia ha pasado de ser una herramienta de cooperación a convertirse también en un instrumento de política exterior, qué retos plantea el nuevo contexto geopolítico para Europa y por qué la diplomacia científica será una de las piezas fundamentales del orden internacional que está empezando a construirse.

España fue uno de los primeros países europeos en dotarse de una estrategia nacional de diplomacia científica. ¿Qué papel desempeña actualmente en este ámbito y cuáles considera que han sido sus principales contribuciones al desarrollo de la diplomacia científica en Europa?

Efectivamente, España ha sido uno de los países pioneros en diplomacia científica en toda Europa, prueba de ello es que ya en 2015 adoptó una estrategia nacional de diplomacia científica. A través de organizaciones como la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Red de Asociaciones de Investigadores y Científicos Españoles en el Exterior (RAICEX), España ha realizado importantes contribuciones en este ámbito. Los hitos más destacados han sido la Declaración de Madrid sobre Diplomacia Científica (2018) y la celebración de la primera Conferencia Europea de Diplomacia Científica en Madrid (2023). El país también cuenta con numerosos académicos y profesionales de reconocido prestigio en este campo.

El informe de expertos *Un marco europeo para la diplomacia científica. Recomendaciones de los Grupos de Trabajo de Diplomacia Científica de la Unión Europea*, donde se establecen las recomendaciones para un marco europeo sobre este tema, se presentó el pasado año como el resultado de un amplio proceso participativo. ¿Qué perfiles y actores participaron en su elaboración y hasta qué punto se buscó incorporar perspectivas diversas dentro y fuera de la Unión Europea?

El informe *Un marco europeo para la diplomacia científica* es el resultado de un proceso inclusivo y participativo desarrollado desde la base, en el que participaron científicos y diplomáticos de toda Europa, representando disciplinas y grupos de edad muy diversos. Es muy importante destacar que también contó con la participación de expertos ajenos a la Unión Europea, entre ellos, por ejemplo, un investigador posdoctoral procedente de Ucrania.

Este marco se ha impulsado en un contexto internacional marcado por tensiones geopolíticas, competencia tecnológica y crisis globales. ¿Qué ha cambiado para que la ciencia haya pasado de ser un espacio de cooperación a convertirse también en una herramienta de soberanía y política exterior?

A medida que tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial están teniendo un impacto profundo



en la vida de las personas, la investigación y la innovación se han convertido en activos geopolíticos. En el mundo actual, el liderazgo tecnológico se traduce en poder. La pandemia de la Covid-19 fue una llamada de atención para muchos: ¿qué habría ocurrido si China o Rusia hubieran desarrollado la única vacuna eficaz? Por supuesto, la cooperación sigue siendo fundamental; es el motor que da vida a la ciencia. Sin embargo, cuestiones como la seguridad de la investigación han adquirido una relevancia creciente y reflejan, entre otras cosas, la pérdida de confianza entre las naciones.

El informe subraya la necesidad de reforzar la autonomía estratégica europea en un contexto de creciente competencia tecnológica y geopolítica. ¿Existe el riesgo de que las preocupaciones relacionadas con la seguridad científica y tecnológica terminen limitando la cooperación internacional en investigación?

No deberíamos considerar la seguridad de la investigación como un factor limitante, sino más bien como un conjunto de salvaguardas que deben implantarse precisamente para mantener abierto el sistema científico. Salvo en aquellos casos en los que decidamos colectivamente imponer sanciones, la decisión final sobre si establecer o no una colaboración debe recaer siempre en el investigador y en su institución. Lo

«Horizonte Europa es el mayor programa multilateral de investigación e innovación del mundo y está abierto a investigadores de todo el planeta»

«En cualquier país latinoamericano que observemos, muchos de los principales expertos en diplomacia científica son mujeres»

que sí debemos hacer es proporcionarles herramientas para evaluar los riesgos de esa cooperación y que puedan, por lo tanto, tomar una decisión informada.

El informe propone una serie de medidas para integrar mejor la ciencia en la acción exterior y en la toma de decisiones. ¿Cuáles son las recomendaciones más relevantes que la Unión Europea dirige a los Estados miembros en materia de diplomacia científica?

Proponemos una combinación de acciones estratégicas, operativas y facilitadoras. Sin entrar en demasiados detalles, debemos tener claro para qué queremos utilizar la diplomacia científica. Sí, se trata de tender puentes y mantener abiertos los canales de diálogo, pero también de defender nuestros intereses, nuestros valores y nuestra soberanía. Para lograrlo necesitamos contar con las estructuras y procesos adecuados, empezando por conocer qué capacidades existen ya. También debemos crear espacios donde científicos y diplomáticos puedan encontrarse, intercambiar ideas y debatir cuestiones de interés común.

La ciencia ha sido tradicionalmente un espacio de colaboración internacional, incluso en momentos de tensión política. ¿Por qué sigue siendo importante que los países trabajen juntos y qué riesgos supone avanzar de forma aislada?

Como Unión Europea no podemos permitirnos avanzar en 27 direcciones distintas. Debemos actuar juntos si queremos competir con China y Estados Unidos. Además, somos más fuertes de lo que pensamos. Por ejemplo, si sumamos los 27 Estados miembros y la Comisión Europea, contamos con cientos de técnicos y diplomáticos científicos en embajadas de todo el mundo. Se trata de un recurso de gran magnitud. La pregunta que nos hacemos es: ¿lo estamos utilizando de manera verdaderamente coordinada y sinérgica?

Usted ha señalado en alguna ocasión que «la ciencia diplomática ya no consiste solo en tender puentes». ¿Cómo puede la Unión Europea equilibrar la defensa de sus intereses estratégicos con la necesidad de mantener la ciencia abierta y colaborativa a escala global?

Necesitamos identificar situaciones en las que todas las partes salgan ganando. Horizonte Europa es el ejemplo perfecto [se trata del programa marco de financiación de la Unión Europea para la investigación y la innovación (I+D+i) para el periodo 2021-2027. Con un presupuesto que supera los 95.500 millones de euros, su objetivo principal es impulsar la competitividad, abordar el cambio climático y lograr un impacto tecnológico, económico y social]. Es el mayor programa multilateral de investigación e innovación del mundo, fomenta la cooperación científica internacional y está abierto a investigadores de todo el planeta. Al mismo tiempo, es una herramienta de diplomacia científica. No ofrecemos la asociación al programa — la forma más estrecha de cooperación — a cualquier país. Potencias líderes en investigación e innovación como Canadá, Japón, Corea del Sur o India ya se han incorporado o desean incorporarse a Horizonte Europa. Esto sirve tanto a nuestros intereses científicos como a nuestros intereses geopolíticos.

La desinformación y la erosión de la confianza pública en las instituciones también afecta a la ciencia. ¿Puede la diplomacia científica desempeñar un papel relevante en la defensa de la evidencia científica y la cultura democrática?

Absolutamente. En primer lugar, conviene recordar que son los diplomáticos, y no los científicos, quienes negocian los acuerdos internacionales. Pero dependen de los científicos para obtener la evidencia científica necesaria. Y aunque es cierto que la ciencia está bajo presión en muchas partes del mundo, la diplomacia también lo está. Tanto la ciencia como la diplomacia comparten un interés común: mantener un orden internacional basado en normas y reglas. Eso nos convierte en aliados en una causa común.

Uno de los retos actuales es incorporar al Sur Global en la gobernanza científica internacional en condiciones más equilibradas. ¿Qué cambios concretos necesita Europa para construir relaciones científicas menos jerárquicas y más horizontales?

La clave es construir asociaciones equitativas y en condiciones de igualdad. El Norte puede aprender tanto del Sur como el Sur del Norte. La Agenda de Innovación Unión Africana–Unión Europea es un excelente ejemplo de ello. Evidentemente, no partimos de las mismas posiciones, y por eso es tan importante reforzar las capacidades científicas en el Sur Global. Esta es también una de las razones por las que la iniciativa Global Gateway de la Unión Europea, que es la estrategia para impulsar inversiones globa-



«Tenemos que actuar
juntos dentro de la UE si
queremos competir con
China y Estados Unidos»

les en infraestructuras sostenibles y de alta calidad, incluye un pilar específico dedicado a la educación y la investigación.

Hablemos de América Latina. La región mantiene fuertes vínculos históricos, culturales y científicos con Europa, pero muchas veces queda fuera de los grandes debates geopolíticos sobre innovación. ¿Qué papel puede desempeñar en la nueva estrategia europea de diplomacia científica?

Están ocurriendo muchas cosas en diplomacia científica en toda América Latina. Y, de forma especialmente interesante, gran parte de este impulso está liderado por mujeres. Prácticamente en cualquier país que observemos, muchos de los principales expertos en diplomacia científica son mujeres. Es algo de lo que Europa puede aprender. Pero también es cierto que la diplomacia científica solo puede ser tan eficaz como el sistema científico que la respalda. Costa Rica demuestra cómo puede funcionar este modelo: el país es líder mundial en un área muy específica de investigación, el estudio de los venenos de serpiente. Y utiliza ese liderazgo para tener una influencia en diplomacia científica muy superior a la que correspondería por su tamaño.



«La diplomacia científica es transversal. No existe diplomacia climática, hídrica, sanitaria o energética sin ciencia»

La Amazonía, la biodiversidad, las enfermedades emergentes o la transición energética convierten a América Latina en un territorio clave para la ciencia global. ¿Cree que la diplomacia científica puede convertirse en una herramienta para evitar nuevas formas de extractivismo científico y promover una cooperación más justa?

Sí, sin duda. Necesitamos asociaciones equitativas en diplomacia científica y por eso debemos reunir a científicos y diplomáticos de ambos lados del Atlántico. Solo mediante un diálogo honesto y abierto podremos construir un futuro común. Al fin y al cabo, si la selva amazónica desapareciera, no sería un problema local, sino que tendría consecuencias directas para Europa y para todo el planeta. Todos tenemos intereses en juego en esta cuestión.

Usted trabajó como primer asesor de Ciencia y Tecnología del Servicio Europeo de Acción Exterior. Desde esa experiencia, ¿qué diferencias existen entre integrar evidencia científica en la diplomacia y conseguir que realmente influya en las decisiones políticas?

La diplomacia científica es transversal. No existe diplomacia climática, hídrica, sanitaria o energética sin ciencia. Por ello, los diplomáticos tienen un interés evidente en incorporar la evidencia científica a su

trabajo. Sin embargo, cuando hablamos de política, intervienen muchos otros factores, como consideraciones económicas, sociales o incluso electorales. Puede resultar chocante, pero en una democracia los políticos tienen derecho a ignorar la evidencia científica. Ellos han sido elegidos por los ciudadanos; los científicos, no. Ahora bien, cuando eso ocurre, debemos exigir responsabilidades a los políticos y preguntarles por qué ignoran la evidencia. Solo así podremos mantener un debate honesto.

En un escenario internacional donde crecen los populismos, la polarización y el cuestionamiento de la evidencia, ¿puede la ciencia seguir funcionando como un lenguaje común entre países o estamos entrando en una etapa de «fragmentación científica» global?

Es muy preocupante cuando los países comienzan a retirarse de organizaciones científicas multilaterales como la UNESCO, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC por sus siglas en inglés) o la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, IPBES por sus siglas en inglés). Esto es problemático porque estas instituciones nos ayudan a construir una comprensión común de cuál es la evidencia disponible y cuáles son las incertidumbres existentes. Por eso es tan importante que todos salgamos al encuentro de la ciudadanía y participemos en el debate público. Y ese compromiso empieza por escuchar las preocupaciones de la sociedad.

La nueva estrategia europea de diplomacia científica habla de «valores compartidos», pero vivimos en un escenario internacional profundamente polarizado. ¿Cómo puede la ciencia actuar como espacio de diálogo cuando incluso los consensos científicos están siendo cuestionados políticamente?

Es un hecho que una parte creciente de la población percibe la ciencia como parte del problema y no como parte de la solución. La pandemia contribuyó a ello cuando los responsables políticos delegaron en los científicos decisiones impopulares, como los confinamientos, difuminando así las fronteras entre el papel de los científicos y el de los políticos. Nuestro trabajo consiste en asesorar, no en tomar decisiones. Como dice el conocido aforismo: uno tiene derecho a sus propias opiniones, pero no a sus propios hechos.

Europa quiere reforzar su liderazgo científico sin renunciar a la cooperación internacional. ¿Qué lecciones ha dejado la pandemia sobre los límites y fortalezas de la colaboración científica global?

Fuimos capaces de identificar el genoma del SARS-

«Mi mensaje a los jóvenes científicos es claro: salid ahí fuera y participad en la construcción de ese nuevo mundo»

CoV-2 y desarrollar una vacuna eficaz en un tiempo récord gracias a la cooperación científica internacional y a décadas de inversión continuada en ciencia básica, que sentaron las bases para ello. La pandemia también demostró la importancia de invertir en las capacidades científicas del Sur Global: fueron científicos de Sudáfrica y Botsuana quienes identificaron primero la variante ómicron, no investigadores europeos. Eso nos proporcionó un valioso margen de tiempo para reaccionar. Resulta irónico que uno de los mayores triunfos de la historia de la ciencia se haya convertido también en una de sus mayores amenazas.

En los últimos años hemos visto cómo cuestiones científicas como el cambio climático, la inteligencia artificial o la salud pública se han convertido en asuntos centrales de la política exterior. ¿Está preparada la comunidad científica para asumir también un papel diplomático y geopolítico?

No nos queda otra opción que afrontar la situación de frente. La realidad geopolítica no va a desaparecer a corto plazo. Si no participamos en el debate público, no deberíamos quejarnos cuando otros tomen decisiones que vayan en contra de los intereses de la ciencia.

Muchos jóvenes investigadores ven la ciencia cada vez más condicionada por intereses estratégicos, tensiones internacionales y competencia tecnológica. ¿Qué mensaje trasladaría a las nuevas generaciones sobre el papel que puede desempeñar la ciencia en la construcción de sociedades más cooperativas y democráticas?

Mientras vemos cómo se derrumba el viejo orden mundial y entramos en una etapa de turbulencias internacionales, nadie ha escrito todavía cómo será el nuevo orden que surja de esta transformación. Depende de nosotros darle forma. Por eso, mi mensaje a los jóvenes científicos es claro: salid ahí fuera y participad en la construcción de ese nuevo mundo.

POLÍTICA CIENTÍFICA

CIENCIA Y POLÍTICA EXTERIOR: EL DESPERTAR DE LA DIPLOMACIA CIENTÍFICA EN AMÉRICA LATINA

Lola Delgado



La diplomacia científica comienza a ganar terreno en América Latina. Aunque todavía afronta importantes desafíos para integrar la ciencia en su política exterior, cada vez más países impulsan estrategias, redes e iniciativas que consolidan la diplomacia científica como una herramienta clave para afrontar retos globales y reforzar la cooperación regional.



A pesar de albergar algunos de los recursos naturales y científicos más valiosos del planeta, América Latina sigue teniendo una presencia limitada en los espacios donde se debaten y definen las grandes agendas internacionales de ciencia, tecnología e innovación. La región dispone de talento investigador, una biodiversidad excepcional y una creciente capacidad científica, pero todavía no ha conseguido transformar esas fortalezas en una influencia proporcional dentro de la gobernanza global del conocimiento.

Uno de los principales obstáculos es la falta de una estrategia regional compartida. Aunque existen múltiples mecanismos de cooperación e integración —la Organización de los Estados Americanos

(OEA), la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC), Mercosur, la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) o el Sistema de Integración Centroamericana (SICA), por ejemplo—, la coordinación entre ellos continúa siendo algo limitada. Cada institución desarrolla programas y prioridades propias, lo que hace difícil la construcción de una agenda común en materia de ciencia y tecnología.

Esto se traduce en una cooperación que, aunque activa, suele desarrollarse de forma dispersa. Según diversos análisis impulsados por el Foro Abierto de Ciencias de América Latina y el Caribe (CILAC), la región aún no ha aprovechado plenamente el potencial de la diplomacia científica.

A ello se suma un problema estructural que condiciona buena parte del desarrollo científico regional: la escasa inversión en investigación y desarrollo. América Latina destina alrededor del 0,6 % de su PIB a actividades de I+D, una cifra muy inferior a la registrada en las principales economías innovadoras del mundo. Además, una parte significativa de esos recursos se concentra en Brasil, México y Argentina, lo que genera importantes desigualdades entre países.

Cuando faltan medios y sobra dependencia

Las consecuencias son visibles. Numerosos Estados carecen de los medios necesarios para desarrollar capacidades propias en ámbitos estratégicos como la inteligencia artificial o la biotecnología, por mencionar solo algunos. Esta situación aumenta la dependencia de financiación, tecnologías y conocimientos procedentes del exterior, lo que limita la autonomía regional y reduce la capacidad de generar soluciones adaptadas a las necesidades locales.

No resulta sorprendente, por tanto, que los países latinoamericanos que más han avanzado en diplomacia científica sean también aquellos que han realizado mayores esfuerzos de inversión en ciencia, tecnología e innovación. Brasil constituye el ejemplo más destacado. Su peso científico, sus capacidades institucionales y su apuesta por integrar la innovación dentro de la política exterior lo han convertido en uno de los referentes regionales en este ámbito.

No obstante, varios países latinoamericanos han comenzado a incorporar contenidos específicos sobre ciencia, tecnología e innovación en la formación de sus cuerpos diplomáticos. Chile fue uno de los pioneros al lanzar en 2019 un programa especializado en diplomacia científica dentro de la Academia Diplomática Andrés Bello. Posteriormente, Argentina, México y Panamá desarrollaron iniciativas similares orientadas a familiarizar a los futuros diplomáticos con cuestiones científicas y tecnológicas.

Las universidades también han comenzado a responder a esta demanda. En Brasil, la Universidad de São Paulo creó una escuela internacional dedicada a la diplomacia de la ciencia y la innovación. En Colombia, la Universidad Externado incorporó estos contenidos a sus estudios sobre nuevas diplomacias, mientras que la Universidad Nacional Autónoma de México abrió asignaturas específicas vinculadas a esta disciplina.

Estas iniciativas están contribuyendo a la aparición de una nueva generación de profesionales que combinan formación científica con capacidades de negociación, gestión internacional y análisis de políticas públicas. Durante los últimos años, además, numerosos investigadores y diplomáticos

latinoamericanos se han formado en programas especializados desarrollados en Europa y Estados Unidos. El reto ahora consiste en trasladar esos conocimientos a las instituciones regionales y convertir experiencias individuales en capacidades permanentes.

Los desafíos latinoamericanos en materia científica no son únicamente económicos o institucionales. Existe también una cuestión relacionada con la producción de conocimiento y la definición de las propias reglas del juego. Gran parte de los conceptos, marcos de actuación y debates internacionales sobre diplomacia científica han sido desarrollados desde países del norte global, especialmente del ámbito anglosajón. Como consecuencia, muchas de las propuestas existentes responden a prioridades y contextos diferentes de los latinoamericanos.

Entender las características específicas de la región es clave

Frente a este escenario, cada vez más especialistas defienden la necesidad de construir una visión latinoamericana propia de la diplomacia científica. Una aproximación que parta de las características específicas de la región —su biodiversidad, sus recursos naturales estratégicos, su experiencia en cooperación regional y sus capacidades científicas emergentes— para diseñar políticas alineadas con sus prioridades de desarrollo.

La pandemia de la Covid-19 reforzó aún más esta necesidad de dar protagonismo a la diplomacia científica. La crisis sanitaria puso de manifiesto la importancia de compartir datos, coordinar investigaciones y movilizar conocimiento científico a escala internacional. También evidenció que la ciencia se ha convertido en un componente central de la política global.

Para que América Latina pueda aprovechar esta oportunidad, diversos organismos regionales han planteado una serie de recomendaciones. Entre ellas destaca no solo la incorporación de la diplomacia científica a los programas universitarios, como ya hemos mencionado, sino también la formación de investigadores en competencias complementarias como la comunicación, el liderazgo o las relaciones internacionales. También se propone fortalecer las redes de colaboración, los programas de movilidad y los mecanismos de intercambio de conocimiento entre países.

Otra prioridad consiste en acercar la ciencia a los procesos de toma de decisiones. Esto implica incorporar asesores científicos en las embajadas y consulados, mejorar la formación tecnológica de los cuerpos diplomáticos y fomentar una colaboración más estrecha entre gobiernos, universidades, centros de investigación y empresas.



Uno de los grandes desafíos de la diplomacia científica en América Latina es construir espacios de cooperación capaces de responder a problemas que trascienden las fronteras nacionales. Cuestiones como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la transformación digital o la seguridad alimentaria requieren enfoques coordinados y mecanismos estables de colaboración entre gobiernos, universidades y centros de investigación.

Iniciativas regionales para fortalecer la cooperación

Pero los esfuerzos ya se están haciendo. Según recoge la experta en diplomacia científica Marga Gual Soler en el informe *Diplomacia científica en América Latina y el Caribe. Estrategias, mecanismos y perspectivas para fortalecer la diplomacia de la ciencia, tecnología e innovación*, publicado por la Oficina Regional (Montevideo) de Ciencias de la ONU para América Latina y el Caribe, y el Foro abierto de las Ciencias en Latinoamérica y Caribe (CILAC), durante las últimas décadas han surgido diversas iniciativas regionales que han contribuido a acercar la ciencia a los procesos de toma de decisiones y a fortalecer la cooperación entre países latinoamericanos.

Entre las experiencias más relevantes destacan el Programa Iberoamericano de Ciencia y

Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI). Aunque nacieron en contextos diferentes, ambas organizaciones han desempeñado un papel fundamental en la creación de redes científicas regionales y en la promoción del intercambio de conocimiento entre investigadores, instituciones públicas y responsables políticos.

Su evolución resulta especialmente significativa. Muchos de los primeros programas de cooperación científica en la región se estructuraron siguiendo modelos impulsados desde Europa o Estados Unidos. Con el paso del tiempo, sin embargo, estas iniciativas fueron adoptando esquemas más horizontales de colaboración, donde los países latinoamericanos comenzaron a desempeñar un papel más activo en la definición de prioridades y objetivos comunes.

El caso de CYTED ilustra bien esta transformación. La organización se ha consolidado como uno de los principales instrumentos de cooperación científica iberoamericana, facilitando proyectos conjuntos de investigación, innovación y transferencia tecnológica entre decenas de instituciones distribuidas a ambos lados del Atlántico. Más allá de los resultados científicos obtenidos, su principal

aportación ha sido generar vínculos estables entre comunidades científicas que tradicionalmente trabajaban de forma aislada.

Por su parte, el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global ha centrado buena parte de sus esfuerzos en fortalecer la conexión entre ciencia y política. En los últimos años ha impulsado programas de formación dirigidos tanto a investigadores como a responsables públicos, con el objetivo de mejorar la utilización de la evidencia científica en la toma de decisiones relacionadas con cuestiones ambientales y climáticas.

La relevancia de estas iniciativas ha aumentado en paralelo al reconocimiento internacional de la diplomacia científica como herramienta estratégica. Este interés creciente también ha comenzado a reflejarse en los espacios políticos iberoamericanos. Un momento especialmente significativo se produjo en 2018, cuando la diplomacia científica fue incorporada a la agenda de la Reunión de Ministras, Ministros y Altas Autoridades de Ciencia, Tecnología e Innovación de Iberoamérica, celebrado en La Antigua Guatemala (Guatemala).

Desde entonces, el tema ha pasado a formar parte de los planes de acción impulsados por la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB) dentro del Espacio Iberoamericano del Conocimiento. Este proceso dio un paso adicional en la XXVII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno celebrada en Andorra en 2021, donde se presentó una propuesta para avanzar hacia una futura Estrategia Iberoamericana de Diplomacia Científica.

Otro espacio clave para comprender esta evolución es el Foro abierto de Ciencias de América Latina y el Caribe (CILAC), promovido por la UNESCO. Desde su creación, este foro se ha convertido en uno de los principales puntos de encuentro para investigadores, responsables políticos, organismos internacionales y representantes del sector privado interesados en el futuro científico de la región.

Recomendaciones para estimular la diplomacia científica

Las reuniones presenciales que CILAC organiza cada dos años han servido para consolidar una comunidad regional interesada en fortalecer la relación entre conocimiento científico y políticas públicas. Precisamente ha sido CILAC el organismo encargado de publicar 10 recomendaciones para estimular la diplomacia científica en América Latina y el Caribe que van desde introducir la diplomacia científica en las universidades como materia de estudio, investigación y extensión, así como pilar fundamental de su proyección exterior; complementar la formación

de los estudiantes de carreras científicas con herramientas de comunicación, negociación y liderazgo, habilidades interpersonales e interculturales, y conocimiento de asuntos globales o articular redes de científicos en el exterior para fortalecer los sistemas científicos nacionales y fomentar la «circulación de cerebros» hasta promover la entrada a la carrera diplomática y el servicio público de profesionales con formación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas o fortalecer el papel del sector privado y la industria científico-tecnológica en la diplomacia científica.

Países impulsores del cambio

Mientras algunos países han incorporado la ciencia como una herramienta estratégica de política exterior, otros apenas han comenzado a explorar su potencial. El resultado es un mosaico de experiencias nacionales en América Latina que refleja tanto las fortalezas como las limitaciones de la región para utilizar el conocimiento científico como instrumento de cooperación internacional, desarrollo económico e influencia global.

Brasil es, sin duda, el país que ha desarrollado la estructura más sólida de diplomacia científica. Cuenta con un Departamento de Ciencia y Tecnología dentro de su Ministerio de Relaciones Exteriores y ha impulsado un Programa de Diplomacia de la Innovación que opera tanto a nivel federal como desde el estado de São Paulo.

Entre sus iniciativas destacan la creación del primer laboratorio de bioseguridad de alta contención de la región, la participación en el Panel Científico para la Amazonía y el desarrollo de tecnologías espaciales destinadas a la vigilancia ambiental.

Por su parte, Chile ha construido una estrategia basada en una ventaja comparativa difícil de replicar: su geografía. La existencia de algunos de los mejores cielos del planeta para la observación astronómica y su posición estratégica de acceso a la Antártida han convertido al país en un polo internacional de investigación científica.

La diplomacia científica chilena se articula desde la Dirección de Energía, Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de Relaciones Exteriores y busca atraer grandes infraestructuras científicas internacionales.

Uno de los proyectos más ambiciosos es la propuesta de crear un laboratorio subterráneo binacional junto a Argentina para investigaciones de física básica, inspirado en el modelo del CERN europeo.

Precisamente Argentina ofrece uno de los ejemplos más interesantes de cómo la ciencia puede actuar como puente diplomático. Durante las últimas

décadas ha mantenido una intensa cooperación científica con el Reino Unido a pesar de las tensiones derivadas de la cuestión de las Islas Malvinas.

En los últimos años, el país ha reforzado la formación de diplomáticos en temas científicos y tecnológicos, buscando aprovechar sectores como la bioeconomía para atraer inversiones y fortalecer sus vínculos internacionales.

Más recientemente, la diplomacia científica argentina se ha orientado hacia áreas consideradas estratégicas para la soberanía nacional, como el espacio, la energía nuclear y la investigación marina. Un ejemplo es la iniciativa Pampa Azul, que coordina el trabajo de varios ministerios para promover el conocimiento y el desarrollo sostenible del Mar Argentino.

Mientras tanto, Colombia representa uno de los casos más dinámicos de los últimos años. Aunque sus antecedentes en internacionalización científica se remontan a comienzos de siglo, el impulso definitivo llegó con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y la denominada Misión Internacional de Sabios.

En Centroamérica, Costa Rica ha convertido la sostenibilidad ambiental en uno de los pilares de su proyección internacional. Su liderazgo en las negociaciones climáticas globales, especialmente durante el proceso que condujo al Acuerdo de París, ha contribuido a consolidar una imagen internacional estrechamente vinculada a la ciencia y la conservación.

El país ha impulsado iniciativas destacadas en biodiversidad, salud global y protección marina. También ha promovido alianzas científicas con Estados Unidos para proyectos relacionados con recursos hídricos, enfermedades tropicales y salud pública.

Pero ningún país latinoamericano ha utilizado la ciencia como instrumento de política exterior de forma tan visible como Cuba. Desde la década de 1960, la isla ha desplegado miles de profesionales sanitarios en numerosos países de África, Asia y América Latina, convirtiendo la cooperación médica en uno de los pilares de su presencia internacional.

Esta estrategia se reforzó durante crisis sanitarias como la epidemia de ébola y la pandemia de la Covid-19. Paralelamente, Cuba ha desarrollado una potente industria biotecnológica que le ha permitido proyectar capacidades científicas más allá de sus fronteras.

También en Centroamérica, Panamá fue el primer país latinoamericano en aprobar formalmente una estrategia nacional de diplomacia científica. Lanzada en 2018, esta iniciativa convirtió al país en una referencia regional en materia de institucionalización.

La estrategia contempla la formación científica del cuerpo diplomático, la creación de mecanismos permanentes de coordinación entre gobierno y comunidad científica y la incorporación de investigadores en el diseño de la política exterior.

Por último, México ha destacado especialmente por el desarrollo de mecanismos de asesoramiento científico para la toma de decisiones públicas. Organismos como el Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia o la Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso han contribuido a acercar la evidencia científica a las instituciones políticas.

En los últimos años, el país también ha impulsado acuerdos entre universidades y el servicio exterior para fortalecer la formación en diplomacia científica y aprovechar el potencial de las nuevas tecnologías en la acción diplomática.

En conjunto, estas experiencias muestran que la diplomacia científica latinoamericana está avanzando por caminos diversos. Todas reflejan una tendencia común: la creciente convicción de que la ciencia se ha convertido en un activo estratégico para la política exterior del siglo XXI.

Una hoja de ruta para conseguir resultados

CILAC ha presentado una hoja de ruta para integrar los sistemas de ciencia, tecnología e innovación con la política exterior de los países de América Latina y el Caribe. Bajo el título *Diplomacia científica para un mundo en transformación tecnológica: Lineamientos para una hoja de ruta*, los expertos panameños Mariabel Dutari y Franklin A. Morales C. ponen sobre la mesa una serie de condiciones institucionales, técnicas y estratégicas necesarias para que la diplomacia científica se traduzca en resultados concretos como la formación de capital humano (desarrollo de perfiles híbridos entre ciencia, tecnología y relaciones internacionales), la articulación de misiones claras (definición de objetivos estratégicos compartidos entre actores nacionales), los mecanismos de respuesta rápida (capacidad de movilizar evidencia científica en momentos críticos o de oportunidad) y la alineación de la agenda de investigación (coherencia entre prioridades científicas nacionales y políticas exteriores y anticipación estratégica y vigilancia tecnológica).

La diplomacia científica ya no es una opción complementaria para América Latina, sino una condición para participar en las decisiones que definirán el siglo XXI. Convertir conocimiento en influencia exigirá coordinación regional, inversión sostenida y liderazgo político. Solo así la región podrá transformar su potencial científico en protagonismo global duradero.

ALPHAGENOME: EL SALTO DE GOOGLE DEEPMIND HACIA LA GENÓMICA GLOBAL

Emma Perez-Garcia, Maria Sanchez-Martin,
Alberto Berral-Gonzalez y Javier De Las Rivas
Centro de Investigación del Cáncer (CiC, CSIC/USAL),
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
y Universidad de Salamanca (USAL), Salamanca.

AlphaGenome, la IA aplicada a desvelar el genoma y sus miles de variantes

En enero de este año, la revista *Nature* publicó el trabajo *Advancing regulatory variant effect prediction with AlphaGenome*¹, en el que se presentaba la nueva herramienta y plataforma biocomputacional *AlphaGenome*, desarrollada con técnicas de Inteligencia Artificial (IA) por la empresa Google DeepMind, bajo el liderazgo de Pushmeet Kohli y Demis Hassabis. *AlphaGenome* ha llamado mucho la atención del mundo científico, ya que DeepMind ya se había convertido en una referencia en IA aplicada a la biología gracias a *AlphaFold*², el algoritmo computacional que revolucionó la predicción de la estructura tridimensional de las proteínas a partir de su secuencia aminoacídica. Por este trabajo, Demis Hassabis y John

Jumper, de Google DeepMind, obtuvieron el Premio Nobel de Química en 2024, compartido con el profesor David Baker de la Universidad de Washington. En el citado artículo de Avsec y colaboradores, *AlphaGenome* se presenta como un nuevo modelo de *Deep Learning* unificado y multimodal, diseñado a modo de herramienta predictiva para estimar cómo cada variante genética dentro de la secuencia del DNA puede interpretarse funcionalmente tras ser asociada a múltiples y complejas señales moleculares del genoma. Desde esta perspectiva, cada variante deja de entenderse únicamente como una coordenada genómica y una simple secuencia de nucleótidos (GATACA...), para pasar a interpretarse como una posible clave de activación y control de un mecanismo biológico funcional concreto.

El efecto de la IA sobre el estudio del genoma humano global

Hasta ahora, interpretar el efecto de una variante en la secuencia genómica solía exigir combinar herramientas distintas, cada una entrenada para un tipo de señal biológica concreta, resultando en predicciones muy variables, poco precisas y altamente cuestionables. *AlphaGenome* propone evaluar una misma alteración o variante en la secuencia del DNA desde una multiplicidad de niveles de anotación y de información genética de manera simultánea. Además, dicha variante es comparada al mismo tiempo con miles de predicciones de secuencias del mismo genoma, contrastadas entre sí y dependiendo de su convergencia apuntan hacia mecanismos biológicamente más o menos plausibles. De este modo, *AlphaGenome* toma un enfoque

genómico global: holístico. Esta capacidad puede ser muy útil en varios campos. Así, en estudios de asociación genómica, puede ayudar a ordenar variantes candidatas atendiendo no sólo a su localización o conservación, sino a su posible impacto molecular en un tipo celular determinado. De modo similar, en el diseño de experimentos funcionales sobre regiones del genoma en los que se concentran datos de asociación derivados de *Genome-Wide Association Studies* (GWAS, por sus siglas en inglés), *AlphaGenome* ayuda a seleccionar y priorizar las variantes para su validación empírica, facilitando información sobre el gen afectado, el tejido implicado o el mecanismo de regulación génica más probablemente alterado. También, como otro ejemplo, en el análisis de QTLs reguladores (eQTL, sQTL, caQTL o bQTL), *AlphaGenome* añade a los resultados estadísticos de cada tipo de QTL una posible explicación de cómo podrían funcionar esos efectos reguladores a nivel biomolecular.

El motor de *AlphaGenome*: una mirada a su arquitectura

La herramienta pertenece a la familia de modelos *sequence-to-function*, diseñados para aprender cómo se relaciona una secuencia de DNA y su actividad funcional, a partir de grandes volúmenes de datos ómicos y biomoleculares integrados. Su entrada es una región de hasta 1 Mb de DNA (un millón de pares de bases, bp), una escala lo suficientemente amplia como para tener en cuenta elementos reguladores situados a gran distancia del locus de interés. Para estudiar el efecto de una variante, el procedimiento consiste en comparar dos versiones del mismo locus, la secuencia de referencia y la secuencia alternativa portadora del alelo de interés. La diferencia entre ambas predicciones, el llamado REF/ALT *analysis*,

transforma una alteración puntual del DNA en una hipótesis funcional cuantificable. Para manejar ventanas de entrada tan extensas, el modelo fragmenta y desplaza ligeramente la secuencia de DNA que analiza, de modo que una misma región genómica puede aparecer en posiciones distintas, de este modo, puede reconocer patrones biológicos relevantes sin depender de su localización y las procesa en paralelo (Figura 1). A partir de ahí construye representaciones lineales, adecuadas para describir señales distribuidas a lo largo del genoma, y otras bidimensionales, orientadas a capturar contactos entre regiones distantes. Sobre estas representaciones opera una arquitectura que combina tres componentes principales encadenados. En primer lugar, el «codificador» utiliza las capas convolucionales para detectar patrones locales de la secuencia, como motivos de unión de factores de transcripción, señales próximas a sitios de *splicing* y otros elementos cortos con relevancia reguladora. A continuación, los módulos «*transformer*» amplían el campo de visión del sistema y permiten modelar dependencias a larga distancia, por ejemplo, entre un elemento regulador distal y un promotor separado por miles de pares de bases. Finalmente, un «decodificador» inspirado en arquitecturas *U-Net* recupera información a distintas escalas, combinando el contexto global de la región analizada con los detalles finos de la secuencia local. A partir de estas representaciones, *AlphaGenome* despliega distintas cabezas de predicción, cada una especializada en un tipo de salida funcional. El modelo puede integrar señales de RNA-seq y 5' mRNA-seq para cuantificar la expresión génica, perfiles de DNase-seq y ATAC-seq para estimar accesibilidad cromatínica, datos de ChIP-seq para histonas y Factores

de Transcripción (TFs, por sus siglas en inglés) para caracterizar el estado regulador de la región, y mapas de contacto cromatínico para inferir la organización tridimensional de los distintos *loci*. La idea central es que todas estas predicciones se generan desde una única secuencia de entrada y mediante un modelo compartido. Así, *AlphaGenome* ofrece una visión conjunta, más cercana a un paisaje biológico completo que a una suma de predicciones aisladas, logrando una visión genómica global.

Aplicando la nueva IA generativa a la genómica: un trabajo de los últimos cinco años

El origen de *AlphaGenome* no ha sido repentino, ya que dentro del equipo de DeepMind dirigido por Pushmeet Kohli y Žiga Avsec empezaron a trabajar hace más de cinco años en este proyecto en colaboración con el equipo de David R. Kelley de la empresa Calico Life Sciences (San Francisco, California). Así, en 2021 presentaron una primera herramienta llamada «*Enformer*», diseñada para predecir de modo efectivo la expresión génica a partir de la secuencia del DNA usando la arquitectura de «*transformers*» y redes neuronales convolucionales profundas (*Deep Convolutional Neural Networks*, CNNs por sus siglas en inglés)³. Su objetivo era predecir diferentes pistas genómicas a partir del procesamiento de secuencias de DNA de hasta 200 Kb. Este modelo concibe el genoma como una colección de miles de señales bioquímicas y biomoleculares independientes que se activan y controlan desde la secuencia genómica con muchos efectos de larga distancia, es decir, con interacciones entre regiones de la secuencia que no tienen por qué estar contiguas. En esta línea, el equipo de Calico Life Sciences LLC, liderado por

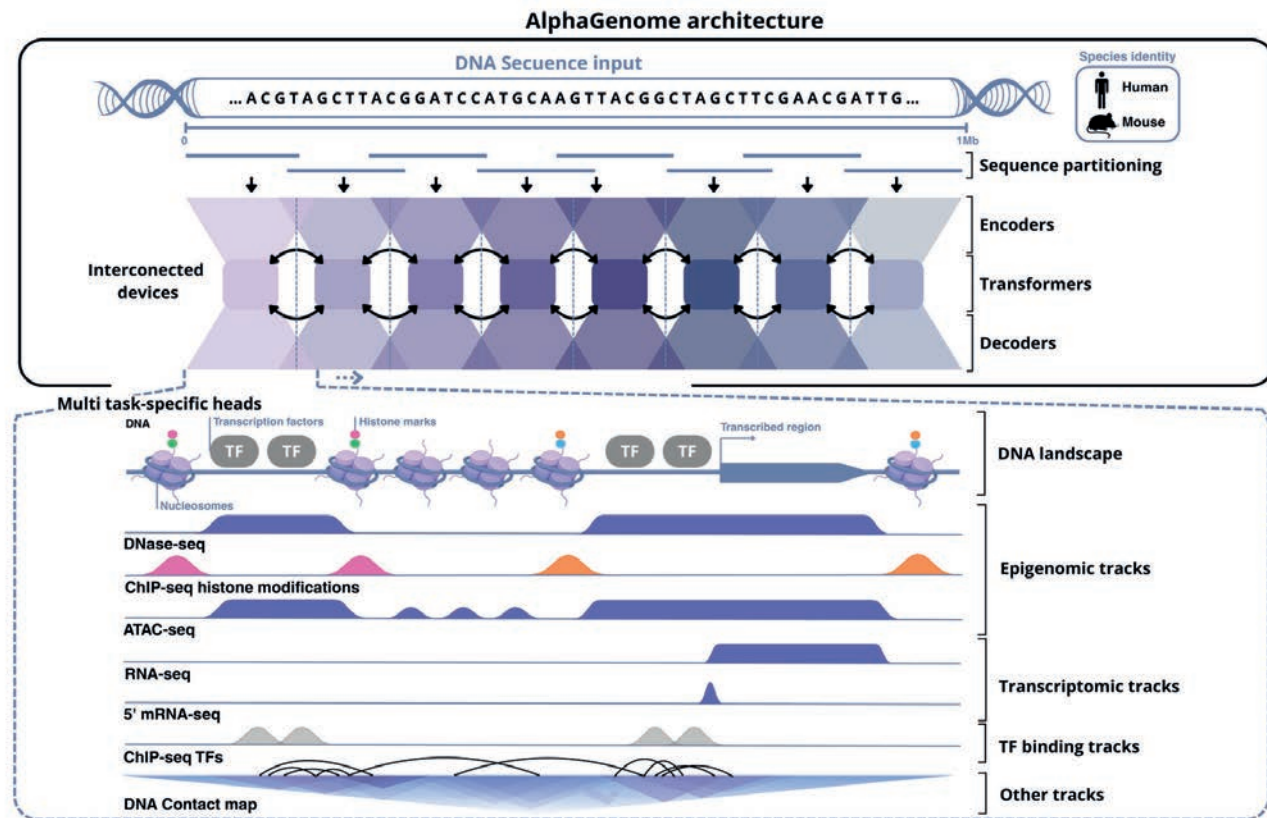


Figura 1

Esquema general de la arquitectura de *AlphaGenome* para la predicción funcional biomolecular a partir de la secuencia genómica. El algoritmo parte del procesamiento de la secuencia de DNA (*DNA Sequence input*) para lograr la predicción multimodal de señales funcionales mediante combinación e integración de miles de datos e información biomolecular en múltiples capas (*multiple tracks*) de modo progresivo y comparativo a lo largo de la secuencia de DNA. (Figura original diseñada por los autores, basada en Avsec et al. *Nature*, 2026).

Johannes Linder y David R. Kelley⁴, siguió trabajando y publicó en 2025 una segunda herramienta llamada «*Borzoï*». Esta adopta la arquitectura de «*Enformer*», pero amplía hasta 500 Kb el tamaño de las secuencias de DNA que procesa. Este modelo concibe el genoma de una manera más funcional e integrada, tratando de entender cómo la secuencia dicta la forma final del RNA mensajero. Adopta un enfoque más holístico al integrar, en un solo proceso de modelado de perfiles de cobertura de RNA-seq, el inicio de la transcripción, el *splicing* y la terminación. Con el tiempo, ambos modelos se convirtieron en referentes dentro de la genómica predictiva. *AlphaGenome* nace

precisamente de esa evolución: combina la capacidad multimodal de «*Enformer*» con la visión más integrada y funcional de «*Borzoï*». El resultado es un modelo capaz de analizar secuencias de DNA más largas y con un nivel de resolución nunca visto hasta ahora.

Accesibilidad y tecnología open-source al alcance de todos

Google DeepMind ha facilitado el acceso a *AlphaGenome* mediante una API en línea, un paquete de Python y herramientas disponibles en GitHub. Obtener la API es rápido y sencillo, por lo que el modelo puede incorporarse a flujos de análisis de variantes sin necesidad de entrenarlo desde cero ni disponer de una gran infraestructura

computacional. Aun así, esta accesibilidad no debe confundirse con la validación biológica y menos con la validación clínica. Los resultados de *AlphaGenome* son predicciones que requieren interpretación experta, contraste con datos independientes y, siempre que sea posible, confirmación experimental.

Ventajas, desventajas y limitaciones

La principal fortaleza de *AlphaGenome* reside en su capacidad para integrar capas de información molecular muy distinta a partir de una única secuencia de DNA. En lugar de limitarse a predecir un único efecto, el modelo permite examinar el posible efecto de una variante en distintos

niveles de regulación y valorar si esos cambios apuntan hacia un mecanismo biológico coherente. Sin embargo, esta capacidad no elimina las limitaciones propias de un modelo entrenado a partir de datos existentes. Aunque trabaja con ventanas de hasta 1 Mb, capturar con precisión la influencia de elementos reguladores muy distales sigue siendo difícil. La regulación génica no siempre ocurre dentro de distancias sencillas de interpretar y quizás todavía hoy desconocemos ciertos tipos de regulaciones y controles inscritos en las regiones no codificantes del DNA. Otra dificultad importante es la dependencia del contexto biológico. Un mismo cambio en la secuencia puede tener consecuencias diferentes según el tejido, el estado de diferenciación celular o las condiciones moleculares en las que se encuentre la célula. La regulación del genoma no es un proceso fijo ni lineal. *AlphaGenome* puede aproximarse a muchos patrones reguladores, pero no puede reproducir por completo la complejidad de un sistema vivo. Además, el rendimiento del modelo está condicionado por los datos con los que ha sido entrenado y evaluado. *AlphaGenome* predice mejor aquellos genes, tejidos y mecanismos que han sido estudiados con mayor profundidad. Su razonamiento está condicionado por el mapa incompleto que la ciencia ha construido hasta ahora. Esta herramienta todavía presenta limitaciones en la representación de genes no codificantes, genomas personales y procesos biológicos complejos que van más allá de los efectos directos de una variante. *AlphaGenome*, debe entenderse, por tanto, como una herramienta de apoyo a la investigación, no como una prueba diagnóstica ni como sustituto de la validación experimental. Sus resultados son hipótesis computacionales que

sólo adquieren pleno valor cuando se interpretan con rigor biológico y se contrastan con evidencias independientes.

Hacia un estudio integral del genoma asistido por IA

Lo que sí parece evidente es que la IA va a desempeñar un papel central en el futuro de las ciencias biológicas y biomoleculares. La cuestión ya no es si estas herramientas van a transformar la investigación, sino cómo decidimos posicionarnos frente a ellas, es decir, contribuir activamente a ese avance o limitarnos a ser meros espectadores. Todo esto también deja una reflexión importante sobre la propia forma en la que hacemos ciencia. Tanto *AlphaFold* como *AlphaGenome* ponen de manifiesto las limitaciones inherentes al conocimiento humano: tendemos a investigar aquello que ya conocemos, mientras que lo desconocido suele

quedar relegado o infravalorado. Durante años, regiones enteras del genoma fueron catalogadas como «DNA basura», una denominación que hoy resulta cada vez más cuestionable. No porque ahora entendamos completamente su función, sino precisamente porque hemos comprobado hasta qué punto nuestra ignorancia condiciona nuestras interpretaciones. Curiosamente, a estos modelos tan avanzados y expertos de IA les pasa lo mismo, que lo que no conocen o no han visto en los miles de millones de datos que analizan, no son capaces de descubrirlo. Un ejemplo de esta limitación ha sido recientemente publicado en una comparativa de la capacidad de descubrir nuevas interacciones moleculares entre proteínas por métodos ómicos experimentales frente a lo que es capaz de descubrir la IA con *AlphaFold* aplicado a esta cuestión⁵.

Referencias

1. Avsec Ž, *et al.* Advancing regulatory variant effect prediction with AlphaGenome. *Nature* 649 (2026) 1206-1218. doi: 10.1038/s41586-025-10014-0
2. Jumper J, *et al.* Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature* 596 (2021) 583-589. doi: 10.1038/s41586-021-03819-2
3. Avsec Ž, *et al.* Effective gene expression prediction from sequence by integrating long-range interactions. *Nature Methods* 18 (2021) 1196-1203. doi: 10.1038/s41592-021-01252-x
4. Linder J, *et al.* Predicting RNA-seq coverage from DNA sequence as a unifying model of gene regulation. *Nature Genetics* 57 (2025) 949-961. doi: 10.1038/s41588-024-02053-6
5. Lambourne L, *et al.* Experimental assessment of AI-based interactome mapping. *Nature Communications* 17 (2026) 4894. doi: 10.1038/s41467-026-70942-x

¡MISIÓN PROTEÍNA! CRÓNICA DE UN «SECUESTRO» BIOTECNOLÓGICO PARA RESCATAR EL INTERÉS POR LA BIOQUÍMICA

Anna Manzano, Anna Vidal-Alabré, Yolanda Campos, Pilar Villacampa, Helga Simon, Cristina Sánchez, Carolina Pimenta, Jesús García, Joan Sala, Josefa Giménez-Bonafé, Àurea Navarro-Sabaté

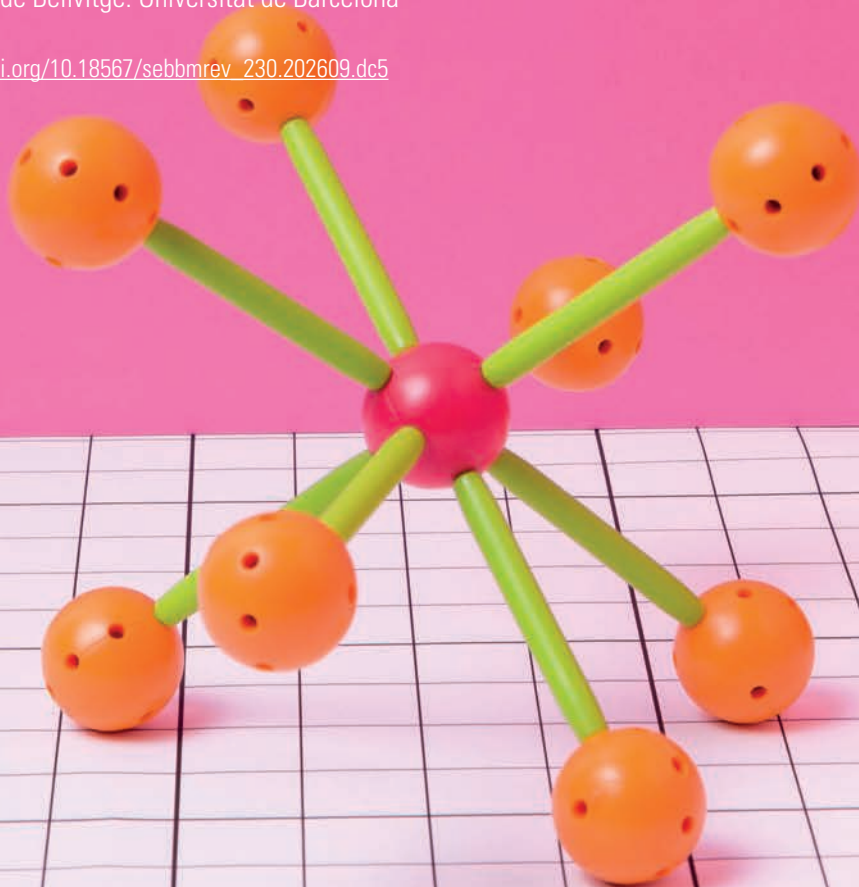
Grupo de Innovación docente GID-IDCCFF (GINDOC-UB/157).

Departament de Ciències Fisiològiques. Facultat de Medicina i Ciències de la Salut.

Departament d'Infermeria Fonamental i Clínica. Facultat d'Infermeria.

Campus de Bellvitge. Universitat de Barcelona

<https://doi.org/10.18567/sebbmrev.230.202609.dc5>



Días antes de pisar el laboratorio, los estudiantes de primer curso de Podología y Odontología del Campus de Bellvitge reciben una inquietante carta firmada por la enigmática Dra. Dina Kozak. La influyente empresaria biotecnológica les invita a una experiencia exclusiva en su «Parque Anatómico», un espacio supuestamente diseñado para revelar, como nunca antes, los secretos íntimos de la vida. La cita es precisa: mediodía, tercera planta. Pero nada es lo que parece...

Al llegar, no hay parque, ni luces, ni promesas brillantes. En su lugar, los reciben unos silenciosos «esbirros» que les cubren los ojos y los despojan de toda certeza. Cuando vuelven a ver, el mundo ha cambiado: ya no están en un aula, sino dentro de una célula. El laboratorio se ha transformado en un escenario inmersivo donde núcleo y citoplasma delimitan el terreno de juego. Y el mensaje de la Dra. Kozak adquiere un tono poco amigable: «*Vuestro conocimiento es demasiado valioso para desperdiciarlo. Utilizadlo para sintetizar la proteína que necesito. El código de salida está oculto en ella, pero solo podréis descubrirlo cuando el trabajo esté terminado*»...

Así arranca **Perdido en el núcleo**, una experiencia de innovación docente que cuestiona la pasividad del aprendizaje tradicional y la sustituye por una narrativa inmersiva en forma de *Escape Room* tangible. Aquí no hay diapositivas que memorizar: hay que escapar. Y para hacerlo, el conocimiento deja de ser abstracto y se vuelve físico, manipulable, urgente.

Por equipos, los estudiantes deberán ensamblar nucleótidos bajo presión, construir moléculas de ADN con sus propias manos, verificar que el ARNm esté correctamente procesado para atravesar el poro nuclear y, finalmente, enfrentarse al reto último: lograr el plegamiento de una proteína

funcional. Cada error cuenta. Cada acierto acerca a la libertad.

En este peculiar «secuestro» biotecnológico no hay rescates externos. Sólo hay una salida posible: comprender. Porque cuando la Bioquímica se convierte en experiencia, el aprendizaje deja de ser una obligación y se transforma en una misión.

Cuando el aula deja de explicarse y empieza a vivirse

Este giro cinematográfico no es solo un recurso estético, sino una forma de desplazar el foco desde el docente hacia el estudiante, convirtiéndolo en protagonista de su aprendizaje.

En titulaciones de Ciencias de la Salud como Podología u Odontología, esta transformación es necesaria. Las aulas de primer curso reúnen estudiantes con trayectorias y vías de acceso muy diversas, desde quienes cuentan con una base científica sólida hasta quienes se enfrentan por primera vez a conceptos abstractos. Esta heterogeneidad dificulta que las metodologías exclusivamente expositivas logren una comprensión profunda y sostenida, especialmente en procesos complejos como la expresión génica, de naturaleza dinámica, tridimensional y secuencial. En este contexto, el proyecto *Aprendizaje y juego en Ciencias de la Salud* (2020PID-UB/030) propone un enfoque centrado en la acción y la experiencia, utilizando la gamificación como estrategia pedagógica estructurada. El objetivo es crear entornos donde el conocimiento se construya mediante la participación activa, la toma de decisiones y el trabajo en equipo.

La evidencia respalda este planteamiento: la gamificación favorece la motivación al integrar dinámicas de reto y *feedback*, promueve la implicación sostenida y contribuye a mejorar tanto el rendimiento como la retención

del conocimiento. Así, el estudiante no sólo comprende mejor, sino que es capaz de transferir lo aprendido.

Desde esta perspectiva, el laboratorio universitario deja de ser un espacio de verificación para convertirse en un entorno de construcción activa del conocimiento. Se pasa de «escuchar para memorizar» a «actuar para comprender». Sobre esta base, diseñamos una propuesta que transforma la abstracción del dogma central de la biología molecular en una experiencia tangible, en la que los estudiantes no solo observan, sino que recrean y comprenden el proceso desde dentro.

Una célula a escala real: el laboratorio como escenario

Transformar un laboratorio docente en el interior de una célula podría parecer un recurso superficial, pero en el marco de la gamificación la ambientación es un elemento clave del aprendizaje. No se trata de «disfrazar» el aula, sino de construir un entorno narrativo coherente que permita al estudiante situarse en la experiencia y actuar con sentido.

Este cambio comienza con una ruptura de la rutina: el uso de antifaces y la entrada guiada funcionan como un punto de transición que prepara al alumnado para un entorno con nuevas reglas, favoreciendo su implicación y motivación [1]. Al descubrirse, el laboratorio aparece transformado en una célula eucariota, con una clara compartimentación entre núcleo y citoplasma que guía el recorrido y condiciona la acción. Esta correspondencia entre espacio y función facilita la comprensión de procesos complejos y abstractos (Figura 1).

La narrativa se refuerza mediante estímulos integrados: música que genera tensión y concentración, proyecciones del interior celular y mensajes como «la TATA te guía», junto a guiños

de humor bioquímico que actúan como pistas y favorecen el razonamiento autónomo. Estos recursos también contribuyen a la creación de asociaciones mnemotécnicas que facilitan la retención. La ambientación se completa con la construcción de una identidad colectiva: cada equipo adopta el nombre de una proteína o concepto bioquímico (TATA box, TIGAR, PUMA), reforzando el sentimiento de pertenencia y la cooperación, aspectos clave para una gamificación significativa [2].

En conjunto, espacio, narrativa y estímulos configuran una experiencia inmersiva que favorece la implicación y la concentración. Como señala la literatura reciente, estos entornos facilitan estados de flujo en los que el aprendizaje emerge a partir de la acción [3]. Así, el laboratorio deja de ser un espacio neutro para convertirse en un escenario vivo: el alumnado

no sólo observa la célula, sino que la habita y la comprende desde dentro.

Tocar lo invisible: el dogma central con las manos

En un contexto donde la docencia tiende a lo digital, esta propuesta reivindica el aprendizaje manipulativo: hay procesos que se comprenden mejor entre las manos que en una pantalla. Construir una doble hélice, aunque sea con gominolas, transforma la comprensión. El compromiso activo mejora la retención y evita la falsa sensación de «ya lo entiendo» asociada a la observación pasiva [4]. Aquí el aprendizaje no se explica, se construye siguiendo el recorrido del dogma central de la Biología Molecular (Figura 2).

En la **1ª etapa (nucleótido)**, los materiales se buscan en espacios inesperados (cajones marcados con el nombre de revistas

como *Vogue* o *Cosmopolitan*), para los «modelos moleculares» activando el pensamiento lateral; con ellos se ensambla un nucleótido, dando forma a un esquema abstracto. En la **2ª etapa (ADN)**, gominolas, regaliz y palillos permiten construir la doble hélice y visualizar complementariedad, antiparalelismo y torsión, haciendo tangible lo conceptual. En la **3ª etapa (transcripción)**, se pasa de construir a interpretar: identificar TATA box, distinguir hebras y generar un ARNm funcional; sin CAP ni cola poliA no hay exportación nuclear, y los «esbirros» lo degradan, fijando el aprendizaje de forma inmediata. En la **4ª etapa (traducción)**, ya en el citoplasma, se buscan aminoácidos y factores mientras se resuelven pruebas tipo *Pictionary*, *Tabú* o *Trivial* adaptadas, reforzando conceptos. El código genético se presenta fragmentado o en otros idiomas

Misión Escape Room: Del Núcleo al Citoplasma

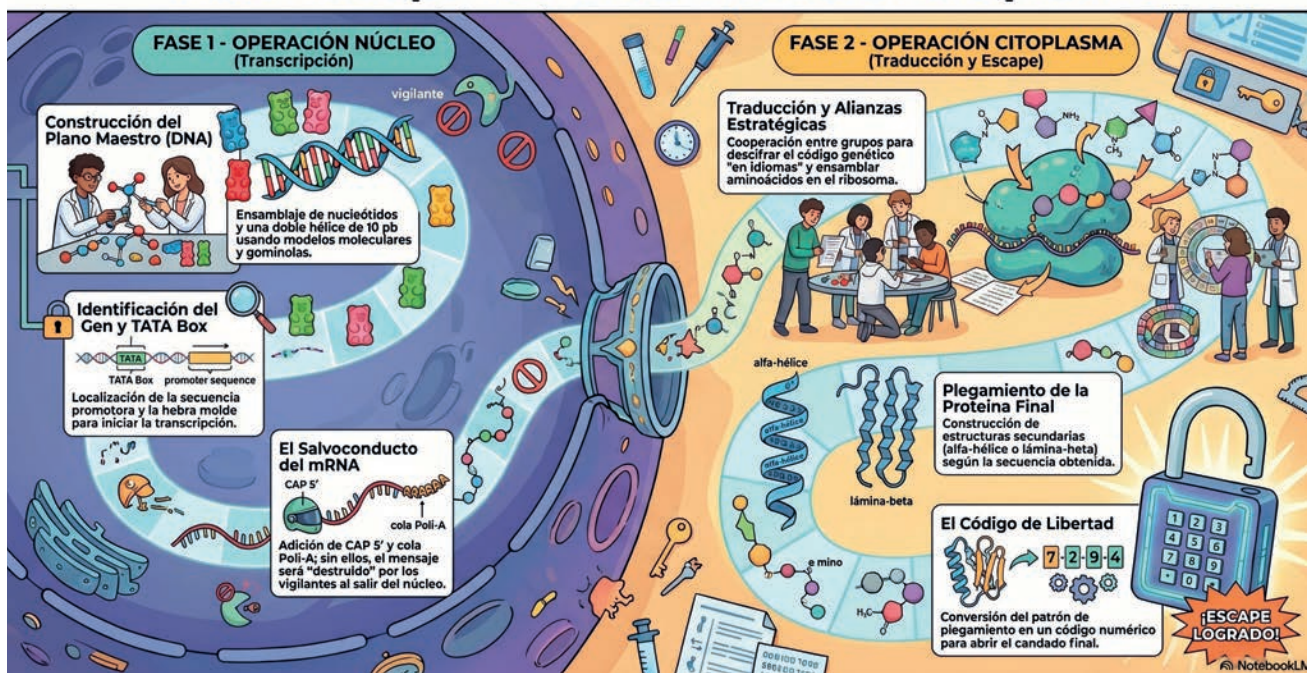


Figura 1

Esquema de la Misión Proteína: flujo de aprendizaje y retos tangibles en el laboratorio. La infografía muestra el recorrido de los estudiantes a través de una célula simulada, dividida en núcleo y citoplasma, siguiendo las etapas del dogma central: construcción de nucleótidos y ADN, transcripción del ARNm, traducción cooperativa y plegamiento proteico. El objetivo es fomentar la implicación, la cooperación y la adquisición del código final que permite abrir el candado. Imagen elaborada con asistencia de Inteligencia Artificial (NotebookLM).



Figura 2

La Bioquímica en las manos: aprendizaje a través de la acción tangible. Collage de imágenes que capturan la dimensión sensorial de la actividad en el laboratorio. Se observa a los estudiantes manipulando materiales cotidianos para modelizar el dogma central: el ensamblaje de la doble hélice con gominolas y regaliz, la identificación de secuencias en «sobres de misión» y el plegamiento final de proteínas utilizando limpiapipas o alambre. Esta metodología rompe con el entorno digital para fomentar la cooperación, la creatividad y el pensamiento lateral en un ambiente de inmersión total.

(chino, japonés) para enfatizar su universalidad y promover el trabajo cooperativo, en línea con Villamar Gavilanes y Sánchez Casanova [1]. Finalmente, en la **5ª etapa (proteína)**, la síntesis culmina con el plegamiento: con limpiapipas o alambre, sólo una conformación adecuada permite obtener el código final, generando una resolución cargada de tensión y satisfacción. Y al final, cuando los estudiantes vuelven a sus apuntes, algo ha cambiado: aquello que antes era un esquema plano ahora tiene volumen, recorrido... y, probablemente, algún que otro recuerdo con sabor a fresa o regaliz.

Evidencias: cuando la diversión es un asunto serio

Lo que comenzó como una experiencia piloto en el curso 2018-2019 con el proyecto *Perdido en el núcleo*, se ha ido consolidando, edición tras edición, como una de las actividades más esperadas por el alumnado de Podología y Odontología. Lejos de quedarse en una propuesta puntual, el proyecto ha evolucionado incorporando ajustes en la narrativa, mejoras en las dinámicas y nuevas pruebas, manteniendo siempre un objetivo claro: favorecer un aprendizaje profundo y duradero.

Pero más allá de la percepción, que ya es muy positiva, la

experiencia se ha acompañado desde el inicio de un sistema de evaluación cuidadoso. Durante la propia *Escape Room*, el aprendizaje se observa y se mide en tiempo real. El equipo docente supervisa el trabajo de los grupos, analiza cómo resuelven las pruebas y proporciona *feedback* inmediato, corrigiendo errores conceptuales en el momento en que aparecen. Esta retroalimentación constante es clave: permite transformar cada dificultad en una oportunidad de aprendizaje significativo, justo cuando el estudiante está más implicado.

Además, la actividad no termina al abrir el candado. Como cierre,

los estudiantes deben elaborar un esquema global que integre todas las etapas del proceso trabajado, desde el ADN hasta la proteína. Este ejercicio final actúa como un mecanismo de consolidación, ayudando a ordenar y dar coherencia a lo que, minutos antes, era una secuencia de retos vividos de forma intensa.

La evaluación se completa con dos herramientas adicionales. Por un lado, una encuesta final que recoge la percepción del alumnado sobre la actividad, su utilidad, su impacto en la comprensión y su grado de satisfacción, incluyendo también comentarios cualitativos que ponen de relieve cómo el *feedback* inmediato recibido durante la experiencia (a través de la validación constante por parte del profesorado y de los propios retos físicos, como los «candados») facilita el aprendizaje y mantiene el compromiso. Por otro lado, se analiza el rendimiento académico mediante preguntas específicas incluidas en el examen final de la asignatura, lo que permite comprobar si esta dinámica, basada en la cooperación, la supervisión continua y la corrección inmediata de errores, tiene una traducción real en la adquisición de conocimientos.

Los resultados acumulados a lo largo de las distintas ediciones son muy positivos. La actividad presenta de forma consistente un alto nivel de satisfacción, acompañado de valoraciones cualitativas muy favorables: no sólo resulta motivadora, sino también percibida como útil y relevante para el aprendizaje. De manera minoritaria, algunos estudiantes han señalado aspectos mejorables, como cierta incomodidad con el grupo asignado o la sensación de falta de tiempo, que en algunos casos puede generar presión y dificultar la reflexión individual. Aunque poco frecuentes, estos comentarios sugieren que el componente de reto y tiempo limitado se vive de forma

diversa, y ofrecen una oportunidad para seguir ajustando la actividad y mejorar el acompañamiento en contextos de alta exigencia.

En términos de aprendizaje, el impacto es claro: los resultados de evaluación muestran un incremento significativo y sostenido en el rendimiento en los contenidos directamente vinculados a la actividad, en comparación con otros temas de la asignatura. Estos datos refuerzan que no se trata de un efecto motivacional puntual, sino de una mejora real en la comprensión (Figura 3). En definitiva, la experiencia demuestra que el binomio «juego–aprendizaje» no resta rigor, sino todo lo contrario. Cuando el diseño es sólido, la narrativa es coherente y las actividades están bien alineadas con los objetivos, la diversión deja de ser un adorno y se convierte en una vía eficaz para comprender. Y es entonces cuando en el laboratorio empieza a escucharse esa frase que, probablemente, resume todo el sentido del proyecto: *Ahora sí lo entiendo*.

Misión cumplida: Rescatar el aprendizaje significativo en un mundo de píxeles

Cuando el último candado se abre y los estudiantes «escapan» del laboratorio, la experiencia no concluye simplemente con la salida del espacio. Lo verdaderamente significativo es la transformación que se ha producido en su manera de entender lo aprendido. La misión llega a su fin... pero es entonces cuando comienza un aprendizaje más profundo y duradero.

En un contexto educativo cada vez más atravesado por pantallas, inteligencia artificial y entornos virtuales como *Cibertorio*, podría parecer que el futuro pasa necesariamente por lo digital. Y, en parte, es así: estas herramientas amplían posibilidades, democratizan el acceso y enriquecen la enseñanza de formas impensables hace unos años. Pero nuestra experiencia

apunta a una idea complementaria y, quizá, contraintuitiva: la innovación no consiste en sustituir lo tangible, sino en reequilibrarlo. Porque cuando todo puede verse en una pantalla, tocar marca la diferencia.

Hemos constatado que el objeto físico, una gominola convertida en base nitrogenada, un alambre que obliga a pensar cómo se pliega una proteína, funciona como un potente anclaje cognitivo. No compite con lo digital: lo complementa. Frente a la inmediatez de la respuesta automática, obliga a detenerse, a razonar, a equivocarse y volver a empezar. Y, sobre todo, invita a hacer algo que a veces se pierde entre dispositivos: colaborar de verdad. Mirarse, discutir, negociar soluciones en equipo.

En este sentido, la propuesta no implica renunciar a la tecnología, sino encontrar un equilibrio: combinar sus ventajas (visualización, acceso, simulación) con aquello que realmente deja huella en el aprendizaje, como la experiencia directa, el contexto compartido y la implicación emocional. Quizá lo más transformador sea precisamente integrar ambos enfoques con intención. Como docentes, esta experiencia nos obliga también a replantearnos el foco: ¿Queremos estudiantes que acumulen respuestas o profesionales capaces de construirlas? En ámbitos como las Ciencias de la Salud, donde la toma de decisiones, el trabajo en equipo y la gestión de la incertidumbre son parte del día a día, no basta con «saber». Hay que haber pasado por el proceso de entender.

Los resultados acumulados a lo largo de seis ediciones de *Perdido en el núcleo*, apuntan en esa dirección. Cuando el contenido se convierte en experiencia, el aprendizaje gana en profundidad, en permanencia y en sentido. Y ese momento en el que aparece el «¡Ahora lo entiendo!» no es casual: es el resultado de haber conectado idea, acción y contexto.

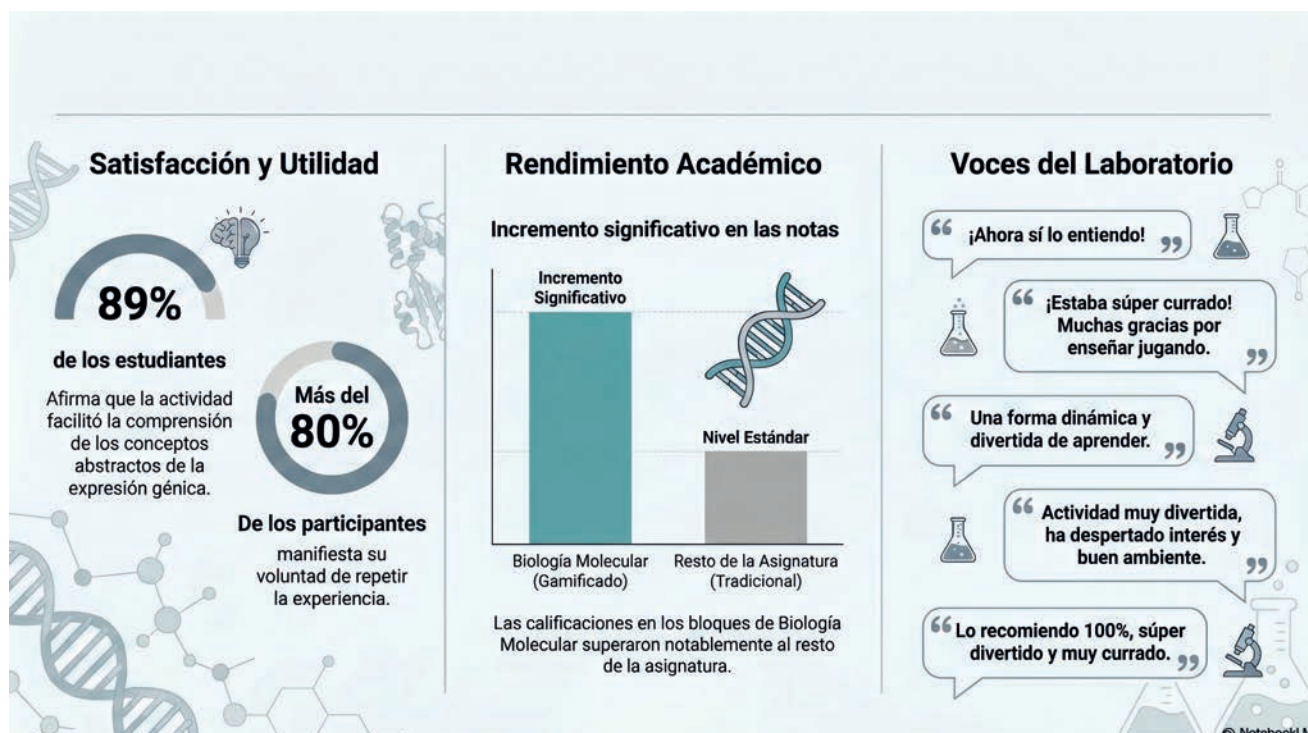


Figura 3

El impacto de la aventura: satisfacción, notas y voces del alumnado. Esta figura muestra de forma visual los resultados de las encuestas de satisfacción y el impacto directo de la experiencia en la mejora de las calificaciones obtenidas en el bloque de Biología Molecular, así como algunas de las impresiones y comentarios de los estudiantes sobre la actividad *gamificada*. Imagen elaborada con asistencia de Inteligencia Artificial (NotebookLM).

Al final, la Bioquímica deja de ser un esquema estático en una imagen para convertirse en algo que se ha vivido. Y ese matiz lo cambia todo. Porque entender la vida, aunque sea a escala molecular, no siempre empieza mirando una pantalla o un microscopio. A veces empieza, simplemente, por atreverse a tocarla.

Agradecimientos

Este «rescate» de la bioquímica no habría sido posible sin el apoyo y la financiación del programa RIMDA de la Universitat de Barcelona (Proyecto 2020PID-UB/030). Agradecemos especialmente a los «esbirros» voluntarios (estudiantes de doctorado), que con su interpretación mantuvieron la tensión en el laboratorio y velaron por la maduración del ARNm. Y, por supuesto, a las «víctimas», los estudiantes, que son el motor real del proyecto.

Referencias

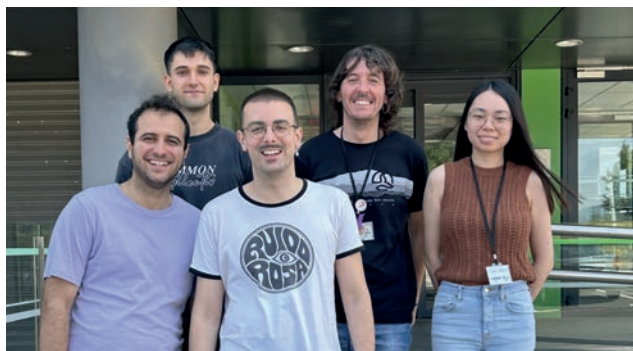
- Villamar Gavilanes A M, Sánchez Casanova R. Explorando las bases pedagógicas de la gamificación como enfoque metodológico en la enseñanza superior. *Educación* Vol. 33, Núm. 65 (2024) 166-188. <https://doi.org/10.18800/educacion.202402.E001>
- Nicholson S. A RECIPE for Meaningful Gamification. En T. Reiners & L. C. Wood (Eds.), *Gamification in Education and Business* (pp. 1-20). Springer (2015). https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5_1
- Ormazábal Valladares V, Hernández Montes L, Zúñiga Arbaltí F. El juego como herramienta de aprendizaje en educación superior. *Revista Electrónica de Investigación Educativa (REDIE)*, 25, e28 (2023) 1-11. <https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.e28.4952>
- Deslauriers L, McCarty L S, Miller K, Callaghan K, Kestin G. Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 116 (2019) 19251–19257. <https://doi.org/10.1073/pnas.1821936116>



El origen de la célula eucariota: una historia de asociaciones microbianas y virales

Moisés Bernabeu, Saioa Manzano-Morales, Marina Marcet-Houben, Toni Gabaldón. 2026. Gene ancestries reveal diverse microbial associations during eukaryogenesis. *Nature* 656, 399–405. doi: 10.1038/s41586-026-10639-9

Cómo se originaron las complejas células eucariotas a partir de ancestros procariotas más simples sigue siendo una de las grandes preguntas de la biología. El modelo dominante se basa en una asociación entre una Asgard-arquea que integró una alphaproteobacteria y originó las mitocondrias, siendo la complejidad celular un resultado de esta integración. Algunas observaciones previas, como una dominancia de genes bacterianos frente a arqueanos y una multiplicidad de señales filogenéticas bacterianas, no encajaban bien en este escenario. Para resolver esta pregunta, el grupo liderado por Toni Gabaldón en el IRB Barcelona, ha reconstruido el repertorio génico del último ancestro común de los eucariotas mediante análisis filogenómicos a gran escala, integrando genomas de eucariotas, bacterias, arqueas y virus. Para cada familia génica infieren su origen más probable, con filtros estrictos para evitar artefactos o transferencias recientes. Los resultados, publicados en *Nature*, revelan señales robustas de ancestros pertenecientes a Planctomycetota y Myxococcota, además de las señales esperadas de Asgard y Alphaproteobacteria. Además, observan evidencias de genes asociados a Nucleocytoviricota, el grupo que incluye a los virus gigantes, lo que sugiere que pudieron mediar transferencias génicas. Basados en estos resultados, se propone que el origen de los eucariotas fue un proceso gradual, favorecido por sucesivas interacciones estables en comunidades microbianas complejas como las formadas por tapetes microbianos, en las que diversas bacterias, arqueas y virus contribuyeron a construir la célula eucariota.



El transporte de colina mediado por CHT: un mecanismo conservado entre bacterias y humanos

Jesús Vilchez-García, Adrián Martínez-Jiménez, Hanxing Jiang, Miguel Luengo, Borja Ochoa-Lizarralde, Jorge Pedro López-Alonso, Jerónimo Pérez-Lorente, Paola Bartoccioni, Raúl Estévez, Víctor Guallar, Ekaitz Errasti-Murugarren, Iban Ubarretxena-Belandia, Igor Tascón. 2026. Structural insights into a conserved mechanism of choline translocation through CHT. *Science Advances* 12(22): eaec1241. doi: 10.1126/sciadv.aec1241

La colina es un nutriente esencial para la homeostasis celular en todos los dominios de la vida y requiere un transporte activo eficiente y estrictamente regulado para atravesar las membranas celulares. En humanos, la captación de colina en las neuronas colinérgicas para su reciclaje en el neurotransmisor acetilcolina depende del transportador de alta afinidad CHT1, acoplado a Na^+ . Las bacterias también utilizan la colina como osmoprotector y como fuente de carbono y nitrógeno, y poseen homólogos de CHT1 con alta identidad de secuencia, lo que sugiere la posible conservación evolutiva de los mecanismos de transporte de colina. En este trabajo, liderado por el Dr. I. Tascón del Instituto Biofisika (UPV/EHU-CSIC), realizado en colaboración con la Universitat de Barcelona y el Barcelona Supercomputing Centre, identifican y caracterizan sfCHT, un transportador bacteriano de colina dependiente de Na^+ y homólogo de CHT1. Las estructuras de criomicroscopía electrónica (crio-ME) de sfCHT unidas a Na^+ y colina revelan una arquitectura de tipo LeuT, con una geometría de coordinación de Na^+ similar a la de CHT1, y la colina unida en un sitio del lado citoplasmático. Además, los análisis computacionales y los ensayos de transporte de variantes de sfCHT y CHT1 muestran reordenamientos conformacionales locales en residuos conservados que definen una vía de liberación hacia el citosol. Estos hallazgos proporcionan información estructural y mecanicista de la transición intracelular de la colina, y apoyan la existencia de un mecanismo conservado evolutivamente entre los transportadores de colina bacterianos y humanos.



La degradación de KRAS^{G12V} induce una marcada regresión tumoral y presenta mecanismos de resistencia no clásicos

Alberto Martín, Inés M García-Pérez, Sonia San José, [...], David Santamaría, Cristina Mayor-Ruiz. 2026. Targeted KRAS^{G12V} Degradation in vivo Elicits Lung Adenocarcinoma Regression with Subsequent Relapse from Dysregulated Proteolysis. *Cancer Research* 0F1–0F21. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-25-5172

La proteína KRAS está mutada en un tercio de los adenocarcinomas de pulmón. En los últimos años se han aprobado inhibidores contra variantes concretas de KRAS, pero su eficacia suele ser limitada por la rápida aparición de resistencias. Un nuevo estudio explora la estrategia en la que la propia célula tumoral degrade esta proteína usando fármacos conocidos como PROTACs -compuestos bifuncionales que acercan la proteína diana a una ligasa de ubiquitina (E3), y promueven su ubiquitinación y destrucción por el proteasoma-. En una publicación en *Cancer Research*, el equipo de la Dra. Cristina Mayor-Ruiz (IRB Barcelona) y el Dr. David Santamaría (CiC, Salamanca) describen un modelo murino de adenocarcinoma de pulmón con una versión degradable de KRAS^{G12V} (dTAG-KRAS^{G12V}) y optimizan dos PROTACs (dTAG-13m y dTAGV-1m) eficaces *in vivo*. Al administrar dTAG-13m en ratones con tumores, observan una regresión rápida y marcada de la carga tumoral, asociada a la caída de las vías de señalización dependientes de KRAS e inducción de apoptosis. Aunque la degradación de KRAS también remodela el microambiente, esta regresión inicial depende sobre todo de procesos autónomos de la célula cancerosa y se mantiene incluso en ratones inmunodeficientes. Además, analizan cómo surgen resistencias a PROTACs *in vivo*: los tumores conservan KRAS^{G12V} porque sabotean la maquinaria de proteólisis, impidiendo que el PROTAC la degrade. Pese a ello, las células resistentes siguen dependiendo de KRAS y responden a inhibidores, lo que apunta a futuras terapias combinadas y secuenciales que alteren inhibidores y degradadores para prolongar el control del cáncer de pulmón.



El receptor de succinato SUCNR1 regula la adaptación hepática a la disponibilidad de nutrientes

Anna Marsal-Beltran, Laura Salmerón-Pelado, [...], Joan Vendrell, Victòria Ceperuelo-Mallafré, Sonia Fernández-Veledo. 2026. SUCNR1 coordinates metabolic flux, mitochondrial function, and nutrient-dependent adaptation in hepatocytes. *Science Advances* 12(24): eaec8873. doi: 10.1126/sciadv.aec8873

El hígado desempeña un papel central en la homeostasis metabólica, actúa como un órgano sensor y efector de la disponibilidad de nutrientes, coordinando la producción, utilización y almacenamiento de sustratos energéticos durante las transiciones entre el ayuno y la ingesta. En la diabetes o la enfermedad hepática metabólica, esta flexibilidad metabólica se encuentra alterada. Un estudio publicado en *Science Advances*, liderado por la Dra. Sonia Fernández-Veledo (IRB CatSud-URV), en colaboración con grupos de CIBERDEM, CIBEROBN y CIBEREHD, CIMUS/USC, IRB Barcelona-UB, CNIO, IR Sant Pau e IDIBAPS/University of Bern, identifica al receptor de succinato SUCNR1 como un regulador clave de esta adaptación. El estudio muestra que en el hígado tanto los niveles de succinato como la expresión de su receptor *Sucnr1*, que se encuentra enriquecido en los hepatocitos pericentrales, aumentan en respuesta a la ingesta de nutrientes. Mediante cultivos celulares y un modelo de ratón con delección específica de *Sucnr1* en hepatocitos, se observa que la ausencia de *Sucnr1* induce un estado metabólico caracterizado por un incremento de la gluconeogénesis y una reprogramación del uso de sustratos. Este estado se asocia a una reducción del flujo oxidativo de glucosa a través del ciclo de Krebs y a una mayor dependencia de la glutamina como fuente anaplerótica. Además, se deteriora la respuesta metabólica hepática a la realimentación, con una activación reducida de mTOR, una remodelación proteómica atenuada y una recuperación incompleta de las reservas de glucógeno. Los resultados identifican a SUCNR1 como un elemento esencial para la adaptación metabólica hepática y aportan nuevas claves para comprender las alteraciones asociadas a las enfermedades metabólicas.



Mecanismos moleculares por los que la deficiencia en ZIC2 puede causar holoprosencefalia

María Mariner-Faulí, Víctor Sánchez-Gaya, Sarah Malika Robert, Patricia Respuela, Sara de la Cruz-Molina, Sara Lobato-Moreno, Matteo Trovato, Karin D Prummel, Kyung-Min Noh, Judith B Zaugg, Álvaro Rada-Iglesias. 2026. Dual role of ZIC2 during neural induction: from priming transcription factor to enhancer activator. *Nucleic Acids Research* 54(8): gkag374. doi: 10.1093/nar/gkag374

El estudio de las bases genéticas y moleculares de las enfermedades congénitas no sólo mejora su diagnóstico, sino que también permite comprender mejor la función de los genes implicados. El equipo del Dr. Álvaro Rada-Iglesias en el IBBTEC en Santander estudia como los potenciadores (del inglés, *enhancers*) regulan los programas de expresión génica durante el desarrollo embrionario desde una perspectiva genética y molecular. En su trabajo publicado en *Nucleic Acids Research*, realizado en colaboración con grupos del EMBL (Heidelberg, Alemania), analiza el papel del factor de transcripción ZIC2 durante el desarrollo neural temprano. Combinando un modelo de diferenciación *in vitro*, edición génica y métodos genómicos, reconstruyen la red reguladora controlada por ZIC2. Los resultados muestran que este factor dirige la transición de células pluripotentes a progenitores neurales del cerebro mediante una doble función secuencial: primero, durante la salida de pluripotencia, prepara potenciadores distales aumentando la accesibilidad de la cromatina y, posteriormente, activa un subconjunto de estos potenciadores durante la inducción neural. Estas regiones reguladoras controlan genes implicados en la morfogénesis de regiones cerebrales específicas, como el mesencéfalo, y activan la vía de señalización de WNT, evitando una diferenciación neuronal prematura. Dado que mutaciones en ZIC2 causan holoprosencefalia, este estudio profundiza en la caracterización funcional de este factor de transcripción e identifica nuevas regiones reguladoras que podrían contribuir a mejorar el diagnóstico futuro de esta enfermedad congénita.



Visualizando los mecanismos que disparan la formación de microtúbulos

Marina Serna, Claudia Brito, Silvia Speroni, Fabian Zimmermann, Andrés López-Perrote, Maria Gili, Cristina Lacasa, Jens Lüders, Thomas Surrey, Oscar Llorca. 2026. Structural basis of human γ TuRC closure during CM1-activated microtubule nucleation. *Nature Communications* 17, 4488. doi: 10.1038/s41467-026-70773-w

La organización de los microtúbulos es esencial para procesos celulares como la división, el transporte intracelular o la polaridad. Un aspecto crítico de esta regulación es el control de la nucleación de microtúbulos, el proceso mediante el cual los heterodímeros de $\alpha\beta$ -tubulina se ensamblan para formar filamentos tubulares con polaridad definida, generalmente compuestos por 13 protofilamentos en células eucariotas. El inicio de la formación de los microtúbulos requiere de un proceso de nucleación impulsado principalmente por el complejo γ TuRC, una estructura con forma de anillo abierto y que contiene γ -tubulina, una molécula similar a $\alpha\beta$ -tubulina y que actuaría como una plantilla para el crecimiento de nuevos microtúbulos. Sin embargo, los detalles de cómo esto sucede, todavía no estaban completamente esclarecidos. En un trabajo publicado en *Nature Communications*, realizado gracias a la colaboración de investigadores del CNIO-Madrid, dirigidos por Oscar Llorca, y del CRG-Barcelona dirigidos por Thomas Surrey, y con la ayuda del grupo de Jens Lüders en el IRB-Barcelona, consiguen visualizar, a alta resolución, los mecanismos estructurales y moleculares que regulan la nucleación de microtúbulos por el complejo γ TuRC. Mediante la combinación de ensayos de nucleación y técnicas de crio-microscopía electrónica y procesamiento digital de imagen a alta resolución, los autores han conseguido mostrar cómo γ TuRC pasa de una conformación abierta e inactiva a una cerrada y funcional que dispara la construcción de los microtúbulos. Estos resultados aportan una visión mecanística detallada de cómo se regula la nucleación de microtúbulos en células humanas, y establecen un marco conceptual para entender el control espacial y temporal del citoesqueleto.

BEGOÑA AGUADO OREA (1965-2026)

Lourdes Ruiz Desviat

Universidad Autónoma de Madrid, Centro de Biología
Molecular Severo Ochoa, Madrid



Hace unos días nos sorprendió la triste noticia del fallecimiento de Begoña Aguado Orea, socia ordinaria de la SEBBM desde 2009, Científica Titular del CSIC en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CBM) en Madrid. La muerte de compañeros siempre nos sobrecoge, pero más aún si es repentina, inesperada y prematura. Y así ha sido con Begoña, quien destacaba por su vitalidad, siempre activa, buscando nuevos retos, sin miedo a afrontarlos y a introducir cambios en su vida profesional. En el CBM colideraba el grupo de investigación dedicado a la regulación de la expresión génica en *Leishmania* y ejercía de supervisora científica del Servicio de Genómica y Secuenciación Masiva (actualmente denominado Análisis e Integración de Datos -ómicos). Begoña también ejerció durante cuatro años como coordinadora científica de las Infraestructuras de Investigación e Innovación del Campus UAM+CSIC. El pasado mes de febrero asumió la responsabilidad como Vicerrectora de Investigación, Postgrado y Aprendizaje Permanente de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Desde junio 2023 ejercía de concejala del PSOE en San Sebastián de los Reyes.

Begoña Aguado desarrolló su carrera como investigadora en los campos de la biotecnología, la genómica y la innovación biomédica. Licenciada en Biología por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y doctora por la Universidad de Oxford, la investigadora consolidó su carrera en el Reino Unido durante 13 años, periodo en el que ejerció como investigadora principal del Medical Research Council (MRC) en Cambridge, especializándose en la secuenciación del genoma humano y de otras especies, implementando nuevas tecnologías. Tras su vuelta a España como

investigadora Ramón y Cajal, primero en el Centro Nacional de Biotecnología (CNB, CSIC) y después en el CBM, pasó a formar parte de la plantilla CSIC en el mismo, obteniendo en 2015 la plaza de Científico Titular. A destacar su papel durante la pandemia de la COVID-19, con el desarrollo de nuevas pruebas de diagnóstico molecular y el análisis de la variabilidad de los genomas virales, su implicación en la estrategia integral *One Health*, dada su pertenencia a la Plataforma Temática Interdisciplinar (PTI+) Salud Global del CSIC y su participación, junto con el grupo de su marido, Antonio Alcamí, también investigador en el CBM, en las expediciones a la Antártida, para caracterizar la biodiversidad viral y la presencia de virus de la gripe aviar de alta patogenicidad (H5N1).

Nos faltan palabras para definir la personalidad de Begoña; dedicación, compromiso, cercanía, generosidad, amabilidad, responsabilidad, pasión, fortaleza, cariño, calidad humana, energía, visión innovadora, entusiasmo... estas y muchas más hemos escuchado y leído estos días de sus compañeros de trabajo y amistades.

En lo personal, ella misma se declaraba ser defensora de los derechos de todas las personas, relataba su pasión por la montaña (Pirineos) y la naturaleza, su afición por cocinar y su adoración por la familia, su marido, su hija y su hijo.

Su pérdida deja un vacío inmenso en lo personal y en lo profesional. Su recuerdo permanecerá vivo en todos nosotros, en especial en aquellas personas con las que compartió su vida, aquellas a las que ayudó, enseñó, acompañó e inspiró.

IV CONFERENCIA SEVERO OCHOA: *EVOLUTIONARY STRATEGIES IN PLANT BIOTECHNOLOGY. FROM NATURAL SELECTION TO SYNTHETIC INNOVATION*

Miguel A. Blázquez, Cristina Ferrándiz, Juan Carbonell
Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP), CSIC-UPV, Valencia

Los días 18 y 19 de junio de 2026 se celebró en el Jardín Botánico de la Universitat de València la IV Conferencia Severo Ochoa, organizada conjuntamente por la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM) y la Fundación Carmen y Severo Ochoa (FCySO), con la colaboración del Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP), CSIC-UPV, el Jardín Botánico de Valencia y diversas entidades patrocinadoras. En esta ocasión, la conferencia llevó por título *Evolutionary Strategies in Plant Biotechnology: From natural selection to synthetic innovation*, poniendo el foco en el creciente papel de la biología evolutiva como fuente de inspiración para el desarrollo de nuevas herramientas biotecnológicas. Tradicionalmente, la evolución y la biotecnología se han considerado

disciplinas independientes. Sin embargo, los avances recientes demuestran que comprender cómo han evolucionado las redes de señalización, desarrollo, metabolismo e interacción con el ambiente proporciona principios fundamentales para el diseño racional de nuevas estrategias de ingeniería vegetal, pero también, y quizá menos intuitivamente, que la biología sintética ofrece herramientas para testar hipótesis evolutivas. Bajo estas premisas, la conferencia reunió a más de un centenar de investigadores de distintas etapas profesionales, procedentes de centros nacionales e internacionales, para debatir cómo integrar la perspectiva evolutiva con las herramientas más avanzadas de la biología sintética, la edición genómica y la ingeniería de precisión. El programa científico se

estructuró en cuatro sesiones temáticas. La primera estuvo dedicada a la evolución de las vías de señalización vegetal y al desarrollo de nuevas herramientas de bioingeniería. Se presentaron avances sobre la adaptación evolutiva de microbiomas radiculares a las especies vegetales que los hospedan (Rubén Garrido-Oter), el empleo de herramientas optogenéticas para el control de procesos celulares (Matías Zurbriggen) y la evolución de la integración de señales ambientales como la luz y la temperatura en plantas terrestres (Miguel Blázquez). La segunda sesión abordó la evolución y la ingeniería del metabolismo, incluyendo el aprovechamiento de la evolución del metabolismo de vitaminas para biología sintética (Alison Smith), la evolución de la maquinaria SUMO (María Lois), la





ingeniería de receptores hormonales ABA guiada por principios evolutivos (Armando Albert) y las posibilidades que ofrece la transferencia horizontal de genomas de plastidios para la mejora genética y biología sintética (Ralph Bock).

La segunda jornada estuvo centrada en la evolución del desarrollo vegetal y las nuevas estrategias de biotecnología de precisión. Edwige Moyroud presentó una visión integradora sobre la evolución de los patrones florales y su impacto en la adaptación de las plantas, mientras que Diego Orzáez mostró cómo los circuitos genéticos sintéticos y la bioluminiscencia permiten generar funciones completamente nuevas que trascienden las limitaciones impuestas por la evolución natural. Finalmente, Jake Harris expuso avances en la ingeniería de estados de cromatina capaces de conferir memoria inmunológica en *Arabidopsis*, y Caixia Gao cerró el programa con una conferencia sobre las últimas

generaciones de herramientas de edición genómica de alta precisión y su aplicación al desarrollo de nuevos cultivos.

Además de las conferencias invitadas, el programa incluyó seis comunicaciones orales seleccionadas comentadas más arriba, y la presentación de pósteres protagonizadas por investigadores jóvenes, que pusieron de manifiesto el excelente nivel científico de la nueva generación de investigadores en biología vegetal. Las contribuciones abarcaron temas tan diversos como la ingeniería de receptores inmunitarios, nuevas aplicaciones de CRISPR, biología sintética microbiana, evolución del sistema SUMO y adaptación al estrés ambiental, reflejando la diversidad y el dinamismo actuales de la investigación en biotecnología vegetal.

Uno de los aspectos más destacados de esta cuarta edición fue la convergencia de disciplinas tradicionalmente separadas (biología evolutiva, biología sintética,

genómica, fisiología vegetal y mejora de cultivos) alrededor de una idea común: la evolución no sólo explica cómo funcionan los sistemas biológicos, sino que proporciona un marco conceptual para diseñar tecnologías capaces de superar las limitaciones impuestas por la selección natural. Las discusiones científicas mantenidas durante las sesiones y los espacios de interacción entre investigadores consolidados y jóvenes auguran el establecimiento de nuevas colaboraciones internacionales en este ámbito emergente.

Desde el comité organizador queremos agradecer la participación de todos los ponentes invitados, los autores de comunicaciones orales y pósteres, los cerca de 70 asistentes, así como el apoyo de la SEBBM, la Fundación Carmen y Severo Ochoa, las entidades patrocinadoras y el personal del Jardín Botánico de Valencia, cuya colaboración hizo posible el éxito de esta cuarta edición de las Conferencias Severo Ochoa.

PREMIO PRINCESA DE ASTURIAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA 2026

DAVID KLENERMAN, SHANKAR BALASUBRAMANIAN Y PASCAL MAYER

La secuenciación del genoma humano, presentada en el año 2001, fue el fruto de década y media de investigación. Actualmente se secuencian genomas en apenas unas horas. Así, el virus SARS-CoV2, causante de la pandemia de la COVID-19, se identificó y secuenció con extrema rapidez, lo que permitió que en menos de un año estuviesen listas las vacunas para prevenir la infección, y que la respuesta a la aparición de nuevas variantes fuera igualmente inmediata. Este avance fue posible por las tecnologías de secuenciación de ADN de nueva generación, desarrolladas a finales del siglo pasado por Balasubramanian, Klenerman y Mayer. A través de la empresa de biotecnología que bautizaron con el nombre de Solexa (actual Illumina), los dos primeros crearon un método comercial de secuenciación de genomas rápido, barato y eficaz, uno de cuyos componentes clave era el método de amplificación superficial del ADN desarrollado por Pascal Mayer.

Asimismo, en los últimos años Balasubramanian ha realizado aportaciones relevantes en el campo de la química, en estructura y función de los ácidos nucleicos y en epigenética. Por otro lado, Klenerman ha realizado contribuciones importantes en microscopía que permiten obtener imágenes 3D de alta resolución de células vivas y plegamiento de proteínas, y en el estudio de las acumulaciones de placas

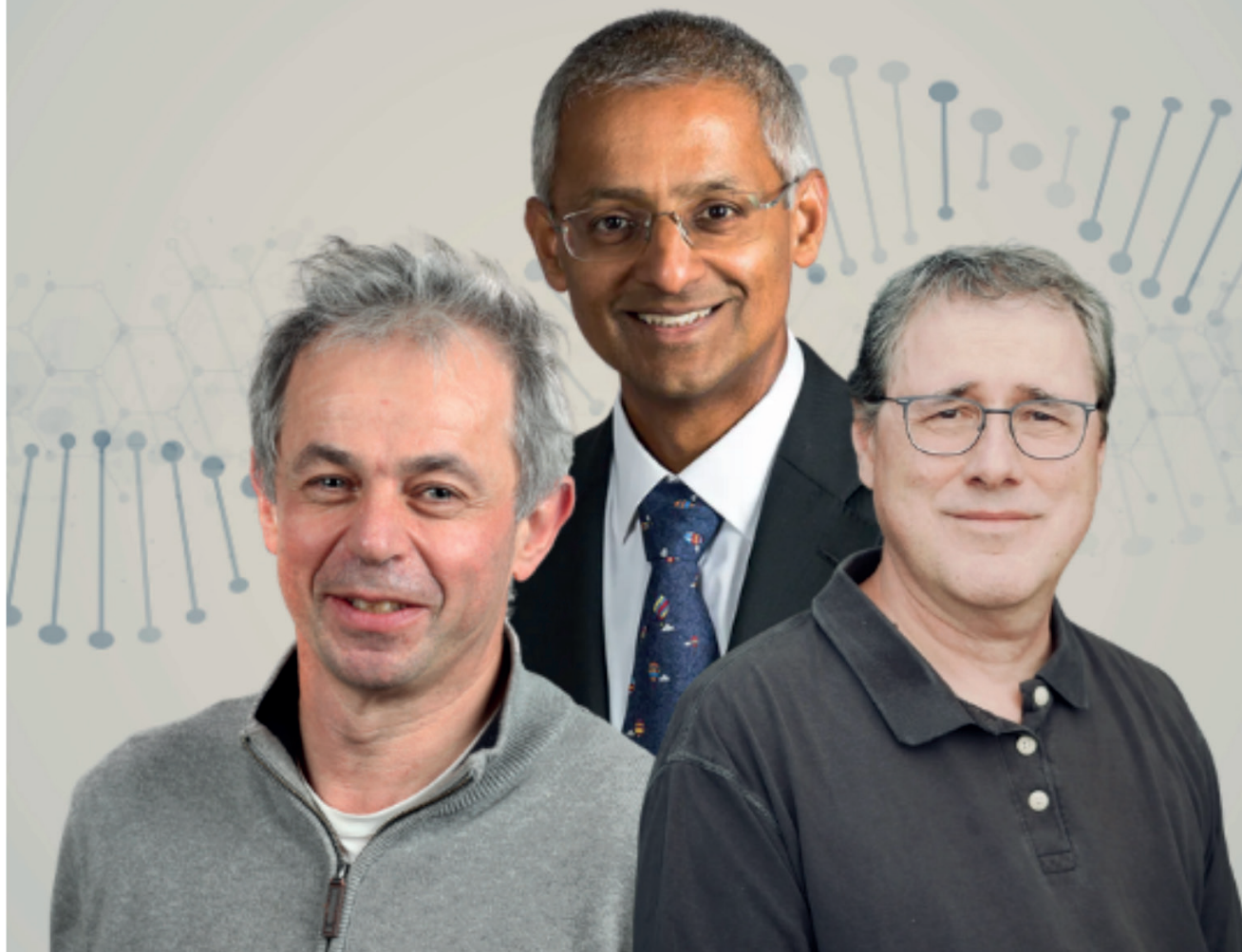
proteínicas características del Parkinson y el Alzheimer. Mayer trabaja en la aplicación de la IA en la búsqueda de sustancias terapéuticas.

David Klenerman

David Klenerman (Reino Unido, 9 de septiembre de 1959) se licenció en Química en la Universidad de Cambridge en 1982 y se doctoró en 1986 en la misma institución. Tras una estancia posdoctoral en la Universidad de Stanford (EE. UU.) con una beca Fulbright, regresó al Reino Unido en 1987 para trabajar en BP Research hasta que se incorporó, en 1994, al departamento de Química de Cambridge, como profesor de Química biofísica y actualmente ocupa la cátedra Royal Society de Medicina Molecular. Fue nombrado *sir* por la reina Isabel II en 2019. Es miembro de la Royal Society (Premio Príncipe de Asturias de Comunicación y Humanidades 2011), que en 2018 le concedió su *Royal Medal* y de otras muchas instituciones científicas. Entre otros premios ha recibido el *Interdisciplinary Award* de la Royal Society of Chemistry (Reino Unido, 2007), el *Millennium Technology Prize* (Finlandia, 2020) y el premio *Breakthrough in Life Sciences* (EE. UU., 2022). En 2024, recibió los premios *Novo Nordisk* (Dinamarca) y *Gairdner International* (Canadá). Según Scopus, es autor de 345 artículos científicos, acumula 24.444 citas y su *índice h* es 79.

Shankar Balasubramanian

Shankar Balasubramanian (Chennai, India, 30 de septiembre de 1966) se licenció y doctoró en Química en la Universidad de Cambridge en 1991. Tras una estancia como investigador en la Universidad de Pensilvania, se incorporó a la de Cambridge en 1994, donde ha desarrollado su trayectoria y donde es, desde 2008, catedrático Herchel Smith de Química Médica y jefe de grupo en el Cancer Research Institute. Entre sus numerosos premios destacan el *Glaxo-Wellcome for Innovative Organic Chemistry* (Reino Unido, 1998), el *Royal Society Mullard* (Reino Unido, 2009), el *Tetrahedron Prize for Creativity in Organic and Biomolecular Chemistry* (Países Bajos, 2013), el *Charlie Butcher* (EE. UU., 2017), el *Millennium Technology* (Finlandia, 2020) y el *Breakthrough in Life Sciences* (EE. UU., 2022). Es miembro de la Royal Society, que en 2018 le concedió su *Royal Medal*, y de muchas otras academias y sociedades científicas internacionales. Fue nombrado *sir* por la reina Isabel II en 2017 y tiene tres doctorados *honoris causa*. En 2024 recibió los premios *Novo Nordisk* (Dinamarca) y *Gairdner International* (Canadá) y fue nombrado miembro del National Inventors Hall of Fame de EE. UU., y en 2025 galardonado con el *Premio Khorana* de la Royal Society of Chemistry. Ha publicado alrededor de trescientos



artículos científicos y un libro, y es titular de once patentes internacionales. Según Google Scholar, acumula 66.107 citas y su *índice h* es 117.

Pascal Mayer

Pascal Mayer (Mosela, Francia, 14 de julio de 1963) se licenció en Bioquímica en 1987, obtuvo un máster en Biofísica en 1988 y se doctoró en Biofísica macromolecular en 1991; todo ello en la Universidad Louis Pasteur de Estrasburgo. Entre 1991 y 1994 realizó una estancia posdoctoral en la Universidad de Ottawa y pasó otros dos años en el Centro

de Investigación Paul Pascal del CNRS francés. Desde 1996 su carrera se ha desarrollado en empresas privadas: primero en el Instituto Glaxo-Wellcome R&D de Suiza (actualmente Instituto de Investigación Farmacéutica Serono); más tarde, entre 2001 y 2009, en Manteia Predictive Medicine, donde fue presidente; también, en 2004, fue cofundador y director científico de Haploids; y, entre 2009 y 2013, desempeñó diversos cargos en BioFilm Control. En 2014, fundó la empresa biotecnológica Alphanosos, que también dirige actualmente. Desde 2024 es profesor asociado

en la Universidad de Estrasburgo. En 2022 recibió el premio *Breakthrough in Life Sciences* junto con Balasubramanian y Klenerman. En 2024 compartió con ellos el *Gairdner International* (Canadá) y recibió el doctorado *honoris causa* por la Universidad de Ottawa.

Fuente:

[David Klenerman, Shankar Balasubramanian y Pascal Mayer - Fundación Princesa de Asturias](#)



PREMIO REI JAUME I EN INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA 2026

Los galardonados en la 38ª edición de los Premios Rei Jaume I (2026) fueron anunciados el pasado 2 de junio en Valencia. El jurado de la categoría Investigación Biomédica ha distinguido a **Ben Lehner** «por haber abordado cuestiones biológicas fundamentales mediante enfoques sumamente originales a través de su trabajo con organismos modelo y genética humana, utilizando técnicas que van desde la mutagénesis a gran escala hasta la inteligencia artificial». Lehner «ha desarrollado el primer mapa completo de la regulación alostérica de las proteínas, ha demostrado cómo las mutaciones patogénicas provocan inestabilidad proteica y ha probado que la penetrancia incompleta de las mutaciones se debe a variaciones aleatorias en la expresión génica durante el desarrollo».

Ben Lehner es doctor por la Universidad de Cambridge y actualmente investigador principal sénior del Centro de Regulación Genómica (CRG) de Barcelona, donde ha desarrollado la mayor parte de su trayectoria científica. Es profesor ICREA desde 2009 y una de las figuras internacionales más destacadas en los campos de la genética, la biología de sistemas y la genómica funcional. Su investigación se centra en comprender cómo las mutaciones alteran el funcionamiento de los genes y las proteínas, cómo originan enfermedades humanas y de qué manera pueden corregirse o prevenirse. A lo largo de su carrera ha realizado contribuciones fundamentales para entender la relación entre el genoma y los procesos biológicos que determinan la salud y la enfermedad.



Entre sus logros más relevantes destaca el desarrollo de métodos pioneros para analizar de forma masiva el efecto de miles de mutaciones en proteínas y ARN, generando los mayores mapas existentes sobre cómo las alteraciones genéticas afectan a las funciones celulares. Sus trabajos han permitido identificar mecanismos esenciales implicados en numerosas enfermedades hereditarias y han abierto nuevas vías para el desarrollo de tratamientos personalizados.

También ha sido pionero en el estudio de la regulación alostérica de las proteínas, construyendo los primeros mapas completos de estos mecanismos moleculares que controlan la actividad proteica y que constituyen una de las principales dianas para el diseño de nuevos fármacos. Asimismo, sus investigaciones han aportado avances decisivos en el conocimiento de enfermedades neurodegenerativas, la variabilidad genética humana y los mecanismos epigenéticos que permiten la transmisión de

información biológica entre generaciones. Lehner es autor de más de un centenar de publicaciones científicas, entre ellas numerosos artículos en *Nature*, *Science* y *Cell*, ha recibido importantes

reconocimientos internacionales y es miembro de la Royal Society del Reino Unido, de la Academia de Ciencias Médicas británica y de la Organización Europea de Biología Molecular (EMBO).

Fuente:
[Ben Lehner - 240 candidaturas optan a los galardones](#)



CUATRO SOCIOS ORDINARIOS DE LA SEBBM, ELEGIDOS NUEVOS MIEMBROS DE EMBO EN 2026

Miguel A. Blázquez, Juan P. Bolaños, Irene Díaz-Moreno y Roderic Guigó, socios de la SEBBM, han sido elegidos nuevos miembros de la Organización Europea de Biología Molecular (EMBO), en la convocatoria de 2026. La incorporación a EMBO es uno de los mayores reconocimientos internacionales en el ámbito de las ciencias de la vida, que distingue a investigadoras e investigadores que han realizado contribuciones excepcionales al avance del conocimiento científico. De esta manera EMBO reconoce tanto la calidad e impacto de sus investigaciones como el liderazgo internacional.

Los cuatro miembros de nuestra sociedad elegidos trabajan en ámbitos tan diversos como la biología vegetal, la neurociencia, la bioquímica estructural y la genómica computacional. En esta edición han sido elegidos 71 científicas y científicos de 23 países: 35 (49%) mujeres y 36 (51%) hombres. Los nuevos miembros se seleccionan mediante un proceso anual de nominación y elección, lo que garantiza que sigan representando diversas áreas de investigación y tendencias emergentes. En conjunto, los miembros de EBMO influyen en la orientación de las ciencias de la

vida y refuerzan las comunidades de investigación en Europa y fuera de ella. Desde la SEBBM les felicitamos por este importante reconocimiento que constituye un motivo de satisfacción para toda la comunidad científica y un reflejo del alto nivel de la investigación biomolecular desarrollada en nuestro país.

<https://www.embo.org/press-releases/seven-ty-one-leading-scientists-elected-to-the-embo-membership/>

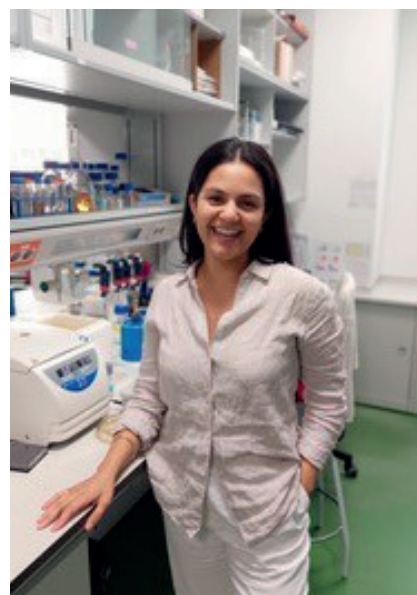


ALEJANDRO COLLADO SOLÉ, PREMIO FUNDACIÓN LILLY A LA MEJOR TESIS DOCTORAL EN BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR 2026

En el mes de junio se falló la VI edición del Premio Fundación Lilly a la Mejor Tesis Doctoral en Bioquímica y Biología Molecular en reconocimiento a los trabajos de iniciación a la carrera investigadora que destaquen por su calidad científica en este campo. El primer premio ha sido para Alejandro Collado Solé, por la tesis: *Rank Signaling Pathway: From Mammary Gland Biology to Neuroendocrine Regulation of Reproduction*, realizada en el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO) de Madrid con la dirección de la Dra. Eva González Suárez, jefa del Grupo de Transformación y Metástasis.

Los dos accésits han sido para Lucía Sánchez Alba por la tesis *Structural Basis for Substrate Specificity of Human SENP5 and DNA Binding by Bacterial MraZ* realizada en el Instituto de Biología y Biomedicina (IBB) de la Universidad de Barcelona, y dirigida por los Drs. David Reverter y Nathalia Varejão; y para Sara De Bragança por la tesis *Single-Molecule Studies of DNA Double-Strand Breaks using Magnetic and Optical Tweezers*, realizada en el Centro Nacional de Biología y Biomedicina (CNB), CSIC-UAM de Madrid, y dirigida por el Dr. Fernando Moreno-Herrero.

El jurado ha estado formado por la Comisión de Admisiones de la SEBBM. La entrega de los premios tendrá lugar el jueves 10 de septiembre de 2026 en el Palau de Congressos de Tarragona, en el marco del 48º Congreso Internacional SEBBM. ¡Enhorabuena a los premiados!



CINTIA FOLGUEIRA, PREMIO L'ORÉAL-UNESCO «FOR WOMEN IN SCIENCE» 2026

La investigadora Cintia Folgueira, socia ordinaria SEBBM, recibió el prestigioso premio L'Oreal-Unesco *For Women in Science* el pasado 29 de abril por la excelencia y proyección de su trabajo científico. Los premios impulsados por L'Oréal y la UNESCO tienen como objetivo apoyar y visibilizar el trabajo de mujeres científicas cuyo liderazgo y talento están contribuyendo de forma decisiva al desarrollo de la investigación.

El premio pone en valor la calidad y el impacto de la trayectoria científica de Cintia Folgueira, así como la relevancia de las investigaciones que desarrolla en el ámbito biomédico. Desde la SEBBM le damos nuestra más sincera enhorabuena por este importante reconocimiento y celebramos un logro que contribuye también a dar mayor visibilidad al papel de las mujeres en la ciencia.



CARLOS BRIONES, PREMIO CSIC-FUNDACIÓN BBVA DE COMUNICACIÓN CIENTÍFICA 2026

La V edición del Programa de Impulso a la Comunicación Científica de la Fundación BBVA ha galardonado a Carlos Briones, socio ordinario de la SEBBM, con el premio CSIC-Fundación BBVA de comunicación científica en la categoría de profesores e investigadores que difunden el conocimiento científico de cualquier rama del conocimiento a la sociedad. El jurado ha destacado a Carlos Briones «por haber logrado transmitir en un tono accesible y atractivo los misterios sobre el Universo y el origen de la vida a una amplia audiencia a partir de su sólida formación científica». El premio reconoce su contribución a la comunicación pública de la ciencia desde el ámbito de la investigación, acercando temas complejos relacionados con la

biología, la evolución y el origen de la vida a públicos muy diversos. El reconocimiento supone, además, una puesta en valor del compromiso de muchos investigadores e investigadoras con la transferencia del conocimiento a la sociedad. Briones es bioquímico y biólogo molecular de formación, y actualmente coordina el Grupo de Evolución molecular, Mundo RNA y Biosensores del Centro de Astrobiología (CSIC, INTA). Es autor de los libros de divulgación *¿Estamos solos? En busca de otras vidas en el cosmos* (2020) y *A bordo de tu curiosidad* (2024), ha impartido más de 700 conferencias, colaborado con los principales medios de comunicación en prensa, televisión y radio, y tiene un amplio seguimiento en redes sociales.

Así mismo, los premios CSIC-Fundación BBVA en la categoría dirigida a profesionales del periodismo o la comunicación científica han reconocido a Josep Corbella, redactor científico de *La Vanguardia* desde hace tres décadas, «por una larga trayectoria dedicada a la comunicación científica y su liderazgo, que ha convertido este contenido en un área esencial en un medio de amplio impacto», según destacó el jurado. Desde la SEBBM damos nuestra más sincera enhorabuena por este reconocimiento a los premiados.

Fuente:
<https://www.fbbva.es/noticias/josep-corbella-y-carlos-briones-galardonados-premios-csic-fundacion-bbva-comunicacion-cientifica/>

Convocatoria 2025

V Premios CSIC-Fundación BBVA de Comunicación Científica

PATRICIA GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, PREMIO COSCE JOVEN A LA DIFUSIÓN DE LA CIENCIA 2026

La Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) ha distinguido con el Premio COSCE Joven a la Difusión de la Ciencia 2026 a Patricia González Rodríguez, profesora titular de la Universidad de Sevilla e investigadora principal del grupo «Bioenergética y Metabolismo en la Enfermedad de Parkinson». La candidatura fue presentada por la Sociedad Española de Neurociencia (SENC). El premio en la categoría joven se ha convocado por primera vez en esta decimonovena edición de los galardones COSCE.

El premio en la categoría senior ha sido otorgado a Rafael Bachiller, astrónomo, director del Observatorio Astronómico Nacional y presidente de la Comisión Científica y de Asesoramiento del Trío de Eclipses. La candidatura de Bachiller fue presentada por la Real Sociedad Española de Física (RSEF). La entrega de los premios tuvo lugar el 11 de junio de 2026 en



la Fundación Ramón Areces, en Madrid, en un acto organizado por COSCE que reunió a representantes de las sociedades científicas que integran la confederación. Desde la SEBBM felicitamos a ambos premiados por este reconocimiento y agradecemos su contribución a la promoción y difusión de la ciencia como herramienta esencial para el progreso y el desarrollo de la sociedad. Patricia

González Rodríguez es socia de la SEBBM y actualmente miembro de su Junta Directiva.

Fuente:

<https://cosce.org/cosce-reivindica-la-importancia-de-la-divulgacion-para-que-la-ciencia-ocupe-el-lugar-que-merece-en-las-prioridades-publicas/>



Más allá de la viabilidad: el ecosistema bioluminiscente de Promega en salud celular

En biología celular, la primera pregunta suele ser si la célula está viva, pero habitualmente, tras confirmar este punto, surgen otros interrogantes como si se está dividiendo, qué vías metabólicas están activas, o por qué responde la célula ante un estímulo de una u otra manera. La salud celular pues, no es un parámetro único, sino un conjunto de procesos biológicos que necesitan herramientas capaces de responder a estas múltiples preguntas.

Durante más de 25 años, CellTiter-Glo® ha sido el ensayo de referencia para medir la viabilidad celular mediante cuantificación de ATP. Miles de publicaciones científicas lo citan como estándar, y su formato homogéneo —añadir, mezclar, medir— lo ha convertido en la columna vertebral de los programas de descubrimiento de fármacos a escala global. La bioluminiscencia no es una elección estética, es la tecnología facilitadora que mejor combina sensibilidad, reproducibilidad e implementación en entornos de alto rendimiento.

Sobre esa base, Promega trabaja en un ecosistema de ensayos bioluminiscentes que extiende el análisis más allá de la viabilidad. El Lumit® Cell Proliferation Assay (Human Ki-67) permite medir proliferación en menos de 2 horas, sin fijación ni pasos de lavado, utilizando Ki-67 como marcador establecido. El mismo ecosistema se amplía hacia el análisis de función mitocondrial, glucólisis y apoptosis, permitiendo construir una cascada experimental completa dentro del mismo marco tecnológico.

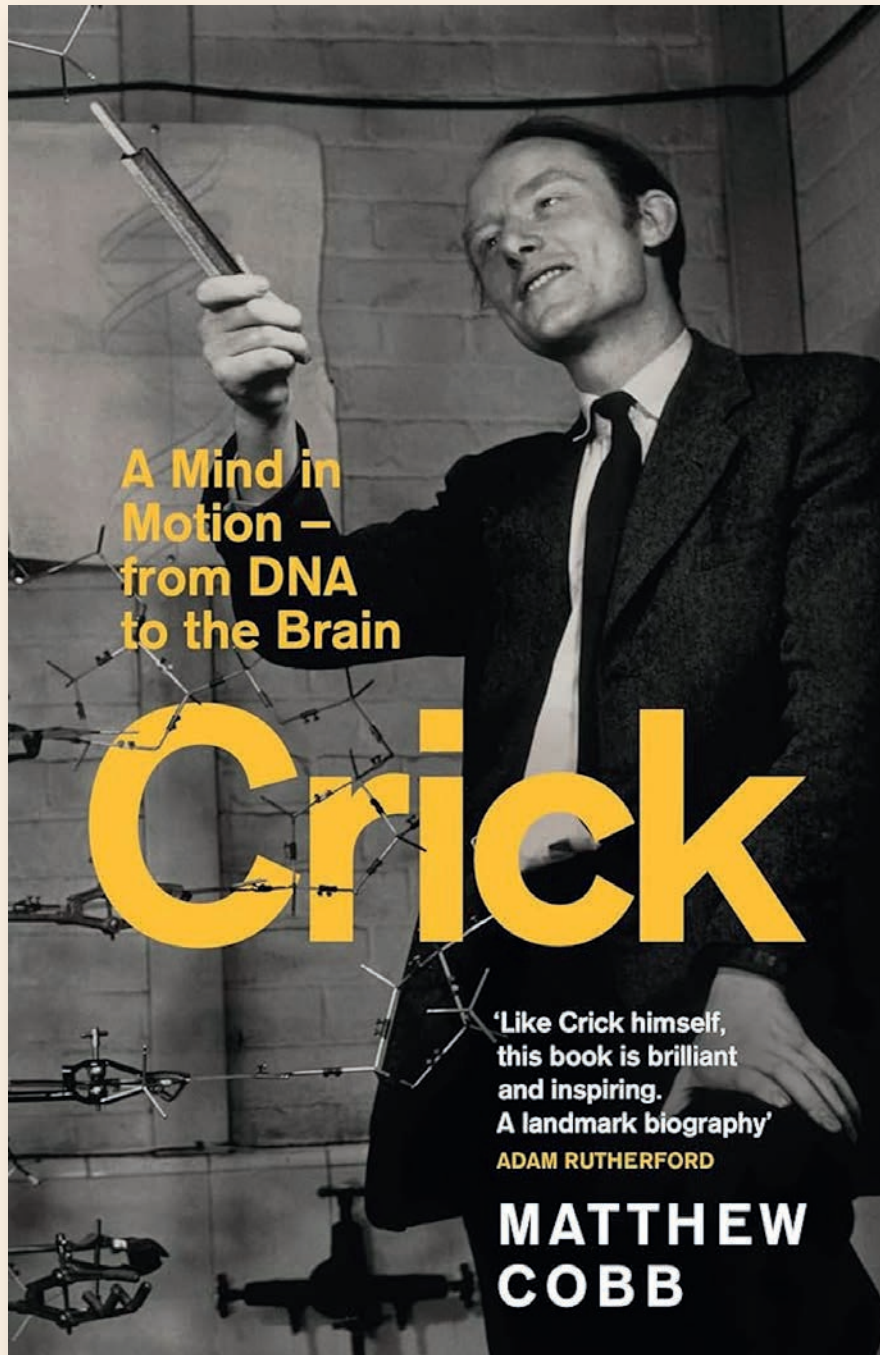
La coherencia del ecosistema es su mayor ventaja: todos los ensayos son compatibles con los instrumentos GloMax®, que ofrecen interesantes opciones de multiplexado en un mismo pocillo. Para quienes buscan una solución compacta sin comprometer la calidad del dato, MyGlo® aporta la misma fiabilidad bioluminiscente en un formato accesible.



UN GENIO IRREPETIBLE

Juli Peretó

Institut de Biologia Integrativa de Sistemes I2SysBio
CSIC-Universitat de València



Crick. A mind in motion. From DNA to the brain
Matthew Cobb | Profile Books | Londres (2025) | 595 p.



Cuando el Churchill College decidió construir una capilla, Francis Crick, uno de sus miembros más ilustres, escribió indignado a Winston Churchill para presentar su dimisión. Este adujo que «sería simplemente un servicio para cualquiera que quisiera utilizarlo» a lo que Crick replicó que, con la misma lógica, por qué no incluir también una casa de citas. La anécdota, recogida por Matthew Cobb en *Crick: A mind in motion. From DNA to the brain*, retrata el personaje: brillante, irreverente, provocador y materialista convencido de que las grandes preguntas sobre la vida debían responderse con experimentos, no con dogmas.

Todo el mundo asocia el nombre de Crick –junto a Watson– a la doble hélice del ADN. Sin embargo, la ambiciosa biografía de Cobb va más allá. No pretende únicamente narrar uno de los episodios científicos más célebres del siglo XX, sino reconstruir la trayectoria intelectual de alguien que traspasó los bordes de la vida y la mente.

Poseía un talento singular. Lawrence Bragg observó que era «el tipo de persona que siempre estaba haciendo el crucigrama de otro». Esta crítica envuelta en un elogio apunta a la extraordinaria capacidad de Crick para ver conexiones ocultas por debajo de fenómenos complejos, reformular problemas y construir modelos explicativos a partir de datos obtenidos por otros. Fue un teórico en el sentido más creativo del término.

Cobb muestra con detalle cómo esa habilidad resultó decisiva en la carrera que culminó con la doble hélice. La polémica sobre Rosalind Franklin ocupa un lugar destacado en el libro. Sin minimizar la existencia de comportamientos poco elegantes, ni el sexismo de la ciencia británica de la época, el autor rechaza las versiones simplistas que presentan el descubrimiento como una mera apropiación de resultados ajenos. La situación fue más compleja y también más interesante. Franklin emerge como una figura científica de primera magnitud cuya contribución tardó demasiado tiempo en recibir el reconocimiento merecido.

La parte más original de la biografía se sitúa después de 1953. Una vez resuelta la estructura del ADN, Crick participó en la construcción conceptual de la biología molecular. El dogma central (propagado *urbi et orbi* a través de la versión errónea del libro de texto de Watson), las anticipaciones teóricas sobre el código genético o de moléculas todavía por descubrir (los ARN de transferencia o los mensajeros) o su propuesta de que los genes son verdaderos documentos evolutivos, revelan una mente excepcional. A veces acertaba de manera espectacular; otras se equivocaba

con igual rotundidad. Pero incluso sus errores fueron fecundos porque ayudaron a refinar las preguntas relevantes.

Sin embargo, la característica más llamativa de Crick fue su incapacidad para permanecer mucho tiempo en el mismo territorio. Era un explorador que, al alcanzar una costa largamente buscada, ya miraba hacia el horizonte siguiente. A mediados de los años setenta abandonó la biología molecular para adentrarse en un continente mucho más incierto: el cerebro y la conciencia. ¿Cómo surge la experiencia subjetiva a partir de la actividad de miles de millones de neuronas? La pregunta poseía una dimensión casi filosófica, pero Crick estaba convencido de que acabaría encontrando una respuesta materialista.

Cobb, autor de una excelente *Historia de la idea del cerebro* (Ediciones Godot, 2025), defiende la importancia de esta sorprendente transición. Aunque esto constituye uno de los mayores atractivos del libro, quizá no todos compartan el entusiasmo del autor. La influencia de Crick en la neurociencia resulta más difícil de valorar que sus contribuciones a la biología molecular. Pero incluso los más críticos reconocerán la audacia intelectual de aquel cambio de rumbo. Son pocos (Brenner, Szostak, ...) los que deciden empezar prácticamente de cero cuando todavía disfrutaban del prestigio de sus grandes descubrimientos.

Del libro destaco también el retrato humano sin sensacionalismos. Aparece el feliz y poco convencional matrimonio con Odile, el Crick ateo militante, el juerguista y mujeriego, el que coquetea con la eugenesia o la panspermia, el conversador inagotable –la tertulia con Brenner duró años–, el aficionado a las drogas psicodélicas o el apasionado de la poesía. En un fragmento del *Poema Peyote* de su admirado Mike McClure –un poeta *beat* que llegó a ser su amigo– Crick encontró la formulación exacta de su sentimiento hacia el estudio científico de la vida: «*THIS IS THE POWERFUL KNOWLEDGE /we smile with it*». Mientras revelaba los secretos de la vida, se recreaba en la ambigüedad de los versos.

Matthew Cobb nos ofrece una biografía excelente, bien narrada, rigurosamente documentada y absorbente – hacía tiempo que no me atrapaba un libro de 500 páginas. Crick se sentía «emocionalmente vinculado a su objeto de estudio» y se dedicó a perseguir dos enigmas fundamentales: qué distingue a la materia viva de la inerte y cómo emerge la mente del cerebro. Como Ulises, parecía más interesado por el viaje que por la llegada. Quizá por eso nos sigue pareciendo un científico tan fascinante como inclasificable.

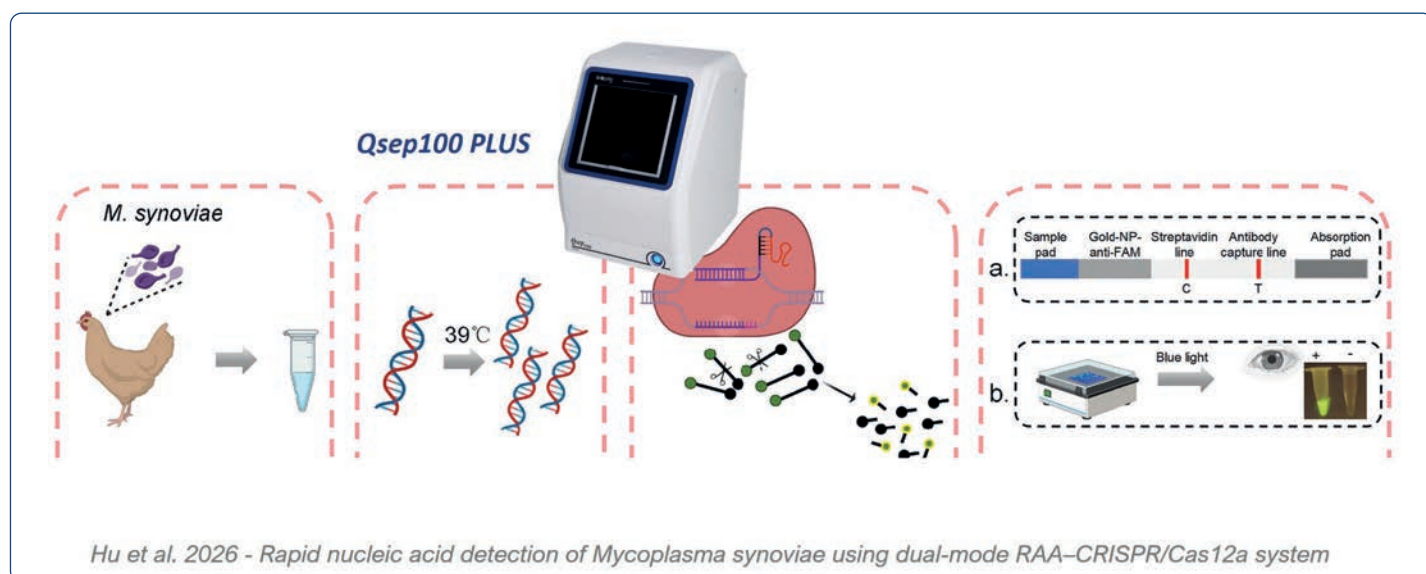
Solución CRISPR/Cas12a para la detección rápida de *Mycoplasma synoviae*

Lola Llorente Ortega
PhD, Life Science Product Specialist

El análisis de mutaciones por electroforesis capilar en gel proporciona ventajas significativas respecto de los geles convencionales, puesto que, entre otros, permite distinguir entre modificaciones NHEJ y HDR ocurridas en los genes estudiados. El uso de un núcleo de electroforesis capilar en gel integrado con un detector de fluorescencia inducida por LED de alta sensibilidad, permite que los bioanalizadores de fragmentos Qsep generen resultados altamente precisos a la máxima resolución.

Recientemente, Hu y colaboradores han publicado un novedoso estudio donde proponen una solución diagnóstica basada en **CRISPR/Cas12a** para la detección **rápida, sensible y específica** de *Mycoplasma synoviae*, un patógeno aviar de alto impacto económico.

El método combina **amplificación isotérmica RAA** con **detección CRISPR/Cas12a**, integrando el **bioanalizador de fragmentos** por electroforesis capilar en gel (ECG) **Qsep100** como herramienta esencial para la **selección, optimización y control de calidad de los amplicones** previos a la detección CRISPR.



Solución CRISPR/Cas12a con soporte Qsep100

1. Amplificación isotérmica dirigida (RAA).

El ADN diana del gen conservado *viH*A se amplifica mediante RAA a temperatura constante (39 °C), permitiendo una preparación rápida del material para detección CRISPR sin necesidad de termocicladores.

2. Uso estratégico de Qsep100.

El bioanalizador de fragmentos **Qsep100 (Bioptic Inc.)** se emplea como **herramienta clave** en la **fase de desarrollo y validación del ensayo**:

- **Cribado sistemático de cebadores RAA.** Qsep100 permite analizar simultáneamente:
 - ✓ Tamaño del amplicón
 - ✓ Concentración del producto
 - ✓ Pureza y perfil electroforético
- **Selección del amplicón óptimo para CRISPR**
- **Control de calidad previo a CRISPR:** Qsep100 reduce el riesgo de falsos positivos

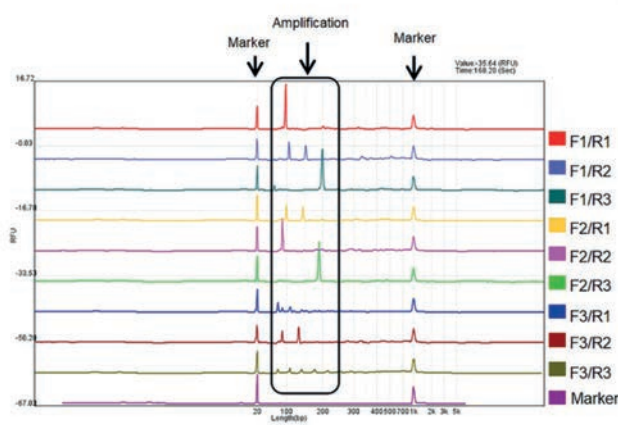
Los bioanalizadores de fragmentos **Qsep1** y **Qsep100 (Bioptic Inc.)**, basados en electroforesis capilar en gel combinada con detección por fluorescencia, representan equipos de alta calidad que proveen una **solución simple y efectiva** para asegurar el **éxito de cualquier flujo de trabajo de Biología Molecular**, tanto en muestras de ADN como de ARN.

Innovación

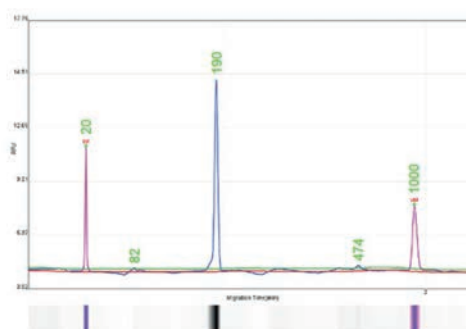
Revolución

BiOptic
Inc.

**Qsep1/Qsep100 (BiOptic)
aseguran una selección y
validación óptima de los
productos de amplificación.**



MS_vl/hA F2/R3



*Evaluación de las amplificaciones mediante bioanalizador de fragmentos por ECG Qsep100
Hu et al. 2026 - Rapid nucleic acid detection of Mycoplasma synoviae using dual-mode RAA-CRISPR/Cas12a system*

Los resultados fueron concluyentes, la **combinación del sistema Qsep100** con la **detección CRISPR/Cas12a** representa una **solución potente y práctica para el desarrollo de ensayos moleculares rápidos**.

Qsep100 asegura una **selección y validación** óptima de los productos de amplificación, mientras que CRISPR/Cas12a proporciona una detección ultrasensible y altamente específica.

Esta plataforma constituye una **alternativa robusta, rápida y portable** a los métodos moleculares tradicionales para la detección de *Mycoplasma synoviae* y otros patógenos veterinarios.

Robustez, confianza y reproducibilidad al alcance de todos los laboratorios con Qsep1/Qsep100 PLUS (BiOptic)

Resumen

Los **bioanalizadores de fragmentos Qsep** son equipos de **alta calidad** que **aceleran, abaratan** y facilitan la detección de mutaciones, por ejemplo, para eventos de edición genética. Además, debido a su indiscutible poder de **resolución y sensibilidad** los investigadores incorporan en el *workflow* de laboratorio la serie Qsep para detectar la calidad y la cantidad de ADN, ARN y proteínas en aplicaciones tales como NGS, genotipados, purificación de plásmidos o RFLP entre otros.

La serie Qsep de BiOptic puede ser utilizada de múltiples maneras simplificando el complicado y tedioso procedimiento de análisis en geles. Este sistema permite la automatización de la preparación de geles, carga de las muestras, electroforesis y procesamiento de imágenes en un único paso. En unos pocos minutos el usuario puede obtener datos consistentes y de alta precisión gracias al *software* incorporado Q-Analyzer.

Envejecimiento epigenético acelerado en pacientes con cáncer de vejiga

Yap Ching Chew¹, Wei Guo¹, Xiaojing Yang¹, Paolo Piatti¹, Mingda Jin¹, Keith Booher¹, Michiko Suwoto¹, and Xi Yu Jia^{1,2}

¹Zymo Research Corporation, Irvine, CA, USA

²Epimorphy, LLC, Costa Mesa, CA, USA

Resumen

El envejecimiento representa el factor de riesgo más importante para muchas enfermedades crónicas, incluidas las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer. Por lo tanto, comprender los mecanismos del envejecimiento es un paso fundamental para diseñar nuevos tratamientos para las enfermedades crónicas. La metilación del DNA es el marcador molecular más fiable y preciso para la cuantificación del envejecimiento, sin embargo, las técnicas de perfilado de metilación del DNA en todo el genoma (como la secuenciación de bisulfito de representación reducida y el *Illumina Bead Array*, ampliamente utilizados en la investigación del envejecimiento) son prohibitivamente caras y presentan una baja calidad de datos en los sitios con una cobertura de lectura baja.

Aquí presentamos un enfoque robusto de secuenciación dirigida por bisulfito, llamado SWARM® (*Simplified Whole-panel Amplification Reaction Method* / Método de Reacción de Amplificación Simplificada de Panel Completo), para la determinación precisa de la edad biológica. SWARM® es flexible y de bajo coste, requiere una cantidad relativamente pequeña de material de DNA inicial, permite la amplificación y secuenciación simultáneas de cientos de *loci*, y ha demostrado aumentar el rendimiento del procesamiento de muestras.

Utilizando el enfoque SWARM® pudimos analizar el nivel de metilación de varios cientos de *loci* asociados a la edad, incluidos los sitios publicados del Reloj de Horvath. Se construyeron modelos predictivos de la edad específicos para cada sexo utilizando la regresión *elastic net* de los niveles de metilación del DNA de los *loci* y la edad cronológica de muestras de DNA de orina de más de 300 sujetos sanos de entre 18 y 88 años. Las muestras de orina de pacientes con cáncer de vejiga muestran una aceleración significativa de la edad, con un promedio de más de 10 años. En resumen, nuestro análisis de DNAge® en orina específico para cada sexo es una herramienta para la cuantificación precisa del envejecimiento biológico y puede utilizarse para abordar cuestiones sobre el envejecimiento y la salud del tracto urinario.

La prueba DNAge® se basa en los principios descritos originalmente en el método del Reloj de Horvath¹, que utiliza los niveles de metilación del DNA de 353 marcadores epigenéticos humanos para la determinación de la edad biológica. Esta prueba utiliza SWARM® (*Simplified Whole-panel Amplification Reaction Method*) para analizar los patrones de metilación del DNA en más de 1.000 *loci*, incluidos los marcadores de Horvath, proporcionando predicciones de la edad epigenética de forma masiva (alto rendimiento).

Los coeficientes $b_0, b_1, \dots, b_n$ de un modelo de regresión penalizada se relacionan con la edad transformada de la siguiente manera:

$$F(\text{chronological age}) = b_0 + b_1 \text{CpG1} + \dots + b_n \text{CpGn} + \text{error}$$

DNAge™ se calcula de la siguiente manera:

$$\text{DNAge}^{\text{TM}} = \text{inverse}.F(b_0 + b_1 \text{CpG1} + \dots + b_n \text{CpGn})$$

Palabras clave: metilación del DNA, secuenciación dirigida por bisulfito, reloj de edad epigenética, DNAge®, *elastic net*.

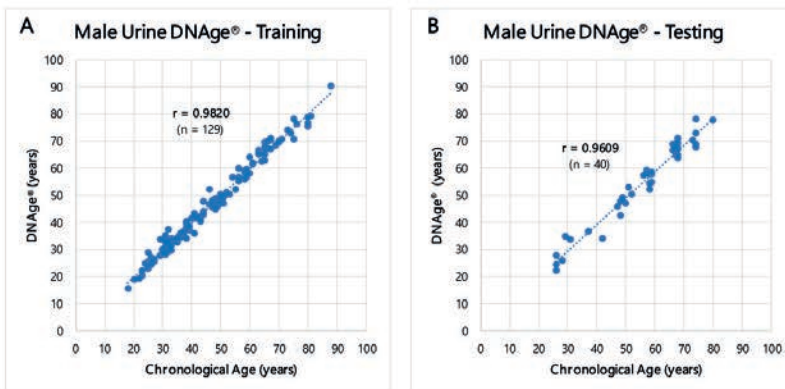
Conclusión

La prueba de DNAge® en orina es una herramienta útil para la cuantificación y el seguimiento de la edad, así como para estudiar el envejecimiento y la salud del tracto urinario. Esta prueba utilizó nuestra plataforma de secuenciación dirigida por bisulfito recientemente desarrollada: SWARM® es una tecnología flexible y de bajo coste que requiere una cantidad de material de DNA inicial relativamente pequeña. El rendimiento y el coste de la prueba DNAge®, basada en tecnología de secuenciación, representan una mejora significativa en comparación con la plataforma basada en *arrays*.

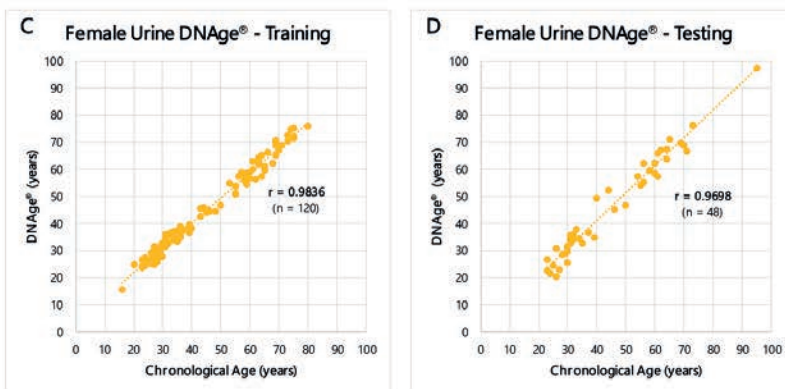
Referencia

1. Horvath S. DNA methylation age of human tissues and cell types. *Genome Biol.* 2013;14(10): R115.PMID: 24138928

Male Urine DNAge® Samples



Female Urine DNAge® Samples



Nature vs. Nurture

Bladder Cancer Patients Age Faster Than Healthy Population

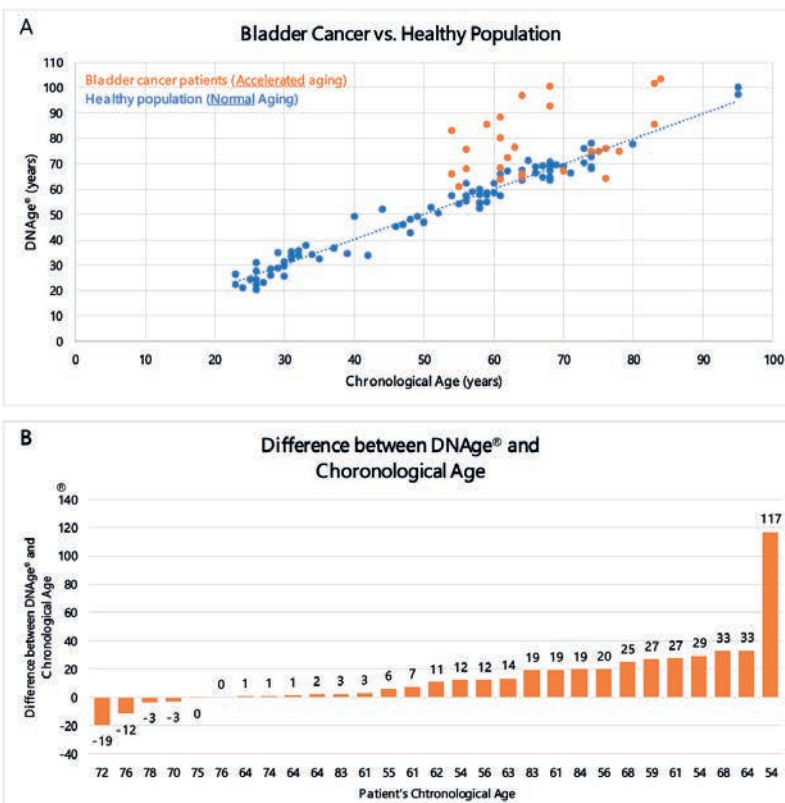


Figura 1. Prueba de DNAge® en orina específica para cada sexo y optimizada para muestras de orina. (A) Datos de entrenamiento de DNAge® en orina masculina ($r = 0,982$, error = 0,6); (B) Datos de prueba de DNAge® en orina masculina ($r = 0,9609$, error = 1,2); (C) Datos de entrenamiento de DNAge® en orina femenina ($r = 0,9836$, error = 0,3); (D) Datos de prueba de DNAge® en orina femenina ($r = 0,9698$, error = 1,1).

Figura 2. Aceleración de la edad en pacientes con cáncer de vejiga. (A) Diferentes poblaciones muestran diferentes tasas de envejecimiento, con un envejecimiento acelerado en pacientes con cáncer de vejiga y un envejecimiento normal en poblaciones generales. (B) Las muestras de orina de pacientes con cáncer de vejiga exhiben una aceleración significativa de la edad, con un promedio de 13,9 años.

SEBBM

Con más de **3.000 socios y 19 grupos científicos**, la **SEBBM** es la **principal agrupación científica** en su campo.

Contribuimos a que la Bioquímica y la Biología Molecular tengan un papel relevante en nuestra sociedad, favoreciendo el contacto entre investigadores e impulsando a los jóvenes científicos.

Pero no estamos solos...

Los socios protectores contribuyen al progreso de la SEBBM

abYntek
AT THE SERVICE OF RESEARCH

Agilent

Aplitech
BIOLAB

ASE
BIO

BIO-RAD

BIOGEN Científica
COMPROMETIDOS CON LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA

Condalab
Inspired by knowledge

CONTROLTECNICA

Cultek
BioLab

cymit
quimica.com

cytiva

50 **deltalab**
member of SCGP

eco
Gen
Making lab life easier

eyown
TECHNOLOGIES

Kuhner shaker

labclinics

LICORbio

Humanizing Genomics
macrogen

MCE
MedChemExpress

NZYtech
genes & enzymes

Palex

paralabbio

PHCbi

Promega

PCN PROQUINORTE
close to you | cerca de ti

tebubio
Facilitators of life sciences research

Porque son de los nuestros*

Más información sobre la figura de socio protector en:
sebbm@sebbm.es o llamando al **+34 681 916 770**

*Serán socios protectores aquellas entidades que quieran contribuir al sostenimiento y desarrollo de la SEBBM y sean aceptadas como tales. Tendrán derecho a voto en las asambleas, pero no podrán ser elegibles para cargos directivos.