



## Boletín mensual El desarrollo de la cooperación científica entre América Latina y los Institutos Max Planck Julio 2024

### Cooperación con América Latina

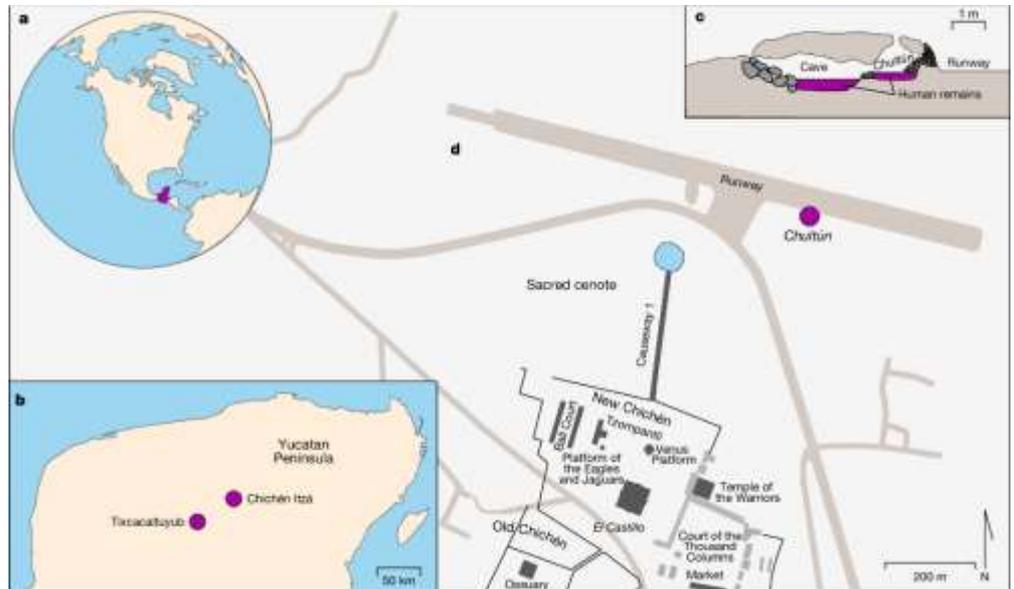
#### Los antiguos genomas mayas revelan la práctica del sacrificio de gemelos masculinos y el legado genético perdurable de las epidemias de la era colonial.

Ubicada en el corazón de la península de Yucatán en México, la antigua ciudad maya de Chichén Itzá es uno de los sitios arqueológicos más emblemáticos y enigmáticos de América del Norte. También es conocido por su extensa evidencia de matanzas rituales, que incluye tanto los restos físicos de individuos sacrificados como representaciones en el arte monumental. Una gran proporción de los individuos sacrificados en el sitio son niños y adolescentes.

Para comprender mejor la vida ritual y el contexto del sacrificio de niños en Chichén Itzá, un equipo internacional de investigadores de instituciones como los Institutos Max Planck de Antropología Evolutiva en Leipzig y de Geoantropología en Jena, la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), en la Ciudad de México), el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) en Yucatán, Mérida y la Universidad de Harvard en Cambridge realizó una investigación genética en profundidad de los restos de 64 niños ritualmente enterrados dentro del chultún de Chichén Itzá.

La datación de los restos reveló que el chultún fue utilizado con fines mortuorios

durante más de 500 años, desde el siglo VII al XII d.C., pero que la mayoría de los niños fueron enterrados durante el período de 200 años de la apogeo político de Chichén Itzá, entre el 800 y el 1.000 d.C. Inesperadamente, el análisis genético reveló que los 64 individuos analizados eran hombres. Un análisis genético posterior reveló que los niños habían sido extraídos de poblaciones mayas locales, y que al menos una cuarta parte de los niños estaban estrechamente relacionados con al menos otro niño en el chultún. Estos parientes jóvenes habían consumido dietas similares, lo que sugiere que se criaron en el mismo hogar. "Nuestros hallazgos muestran patrones dietéticos notablemente similares entre los individuos que exhiben una conexión familiar de primer o segundo grado", dice el coautor Patxi Pérez-Ramallo, investigador postdoctoral en el Departamento de Arqueología e Historia Cultural del Museo de la Universidad NTNU, Trondheim, Noruega y el Instituto Max Planck de Geoantropología.



- Ubicación de la región maya en las Américas. B. Ubicaciones geográficas de Chichén Itzá y Tixcacaltuyub en la Península de Yucatán. C. Estratigrafía para el chultún y la cueva adyacente en la que se encontró el entierro d. Ubicación del chultún dentro de la zona arqueológica de Chichén Itzá y su relación con El Castillo
- © Nature, DOI:10.1038/s41586-024-07509-7

"Lo más sorprendente es que identificamos dos pares de gemelos idénticos", dice Kathrin Nägele, coautora y líder del grupo en el Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva. "Podemos decir esto con certeza porque nuestra estrategia de muestreo garantizó que no duplicaríamos individuos". Tomados en conjunto, los hallazgos indican que los niños varones emparentados probablemente estaban siendo seleccionados en parejas para actividades rituales asociadas con el chultún. "La similitud de edades y dietas de los niños varones, su estrecha relación genética y el hecho de que fueron enterrados en el mismo lugar durante más de 200 años apuntan al chultún como un sitio de entierro post-sacrificio, ya que los individuos sacrificados fueron seleccionados por una razón específica", dice Oana Del Castillo-Chávez, coautora e investigadora de la Sección de Antropología Física del Centro INAH Yucatán.

La información genética detallada obtenida en Chichén Itzá también ha permitido a los investigadores investigar otra importante cuestión pendiente en Mesoamérica: el impacto genético a largo plazo de las epidemias de la era colonial en las poblaciones indígenas. Trabajando en estrecha colaboración con los residentes de la comunidad maya local de Tixcacaltuyub, los investigadores encontraron evidencia de selección genética positiva en genes relacionados con la inmunidad, y específicamente selección de variantes genéticas que protegen contra la infección por *Salmonella*. Durante el siglo XVI en México, las guerras, hambrunas y epidemias causaron una disminución de la población de hasta el 90 por ciento, y entre las epidemias más graves se encuentra la epidemia de cocoliztli de 1545, recientemente identificada como causada por el patógeno *Salmonella enterica Paratyphi C*.

"Los mayas actuales llevan las cicatrices genéticas de estas epidemias de la era colonial", dice el autor principal Rodrigo Barquera, inmunogenetista e investigador postdoctoral en el Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva. "Múltiples líneas de evidencia apuntan a cambios genéticos específicos en los genes inmunológicos de los mexicanos actuales de ascendencia indígena y mixta que están relacionados con una mayor resistencia a la infección por *Salmonella enterica*".

*Nature*, 12 de junio de 2024, DOI: [10.1038/s41586-024-07509-7](https://doi.org/10.1038/s41586-024-07509-7)

---

## Oportunidades de investigación en Institutos Max Planck e IMPRS

---

Resumen de las vacantes doctorales y postdoctorales en Institutos Max Planck y Escuelas Internacionales de Investigación Doctoral Max Planck publicadas durante el mes de mayo.

[Acceder al resumen](#)

---

## Noticias destacadas de Institutos Max Planck

---

### Los vasos sanguíneos son los pioneros de la formación ósea en el cráneo

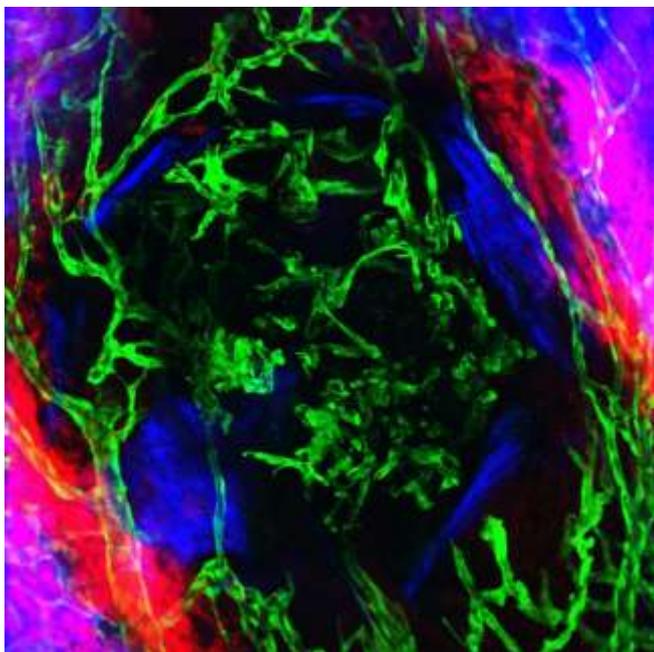
Los vasos sanguíneos son esenciales para suministrar oxígeno y nutrientes vitales al cuerpo. En el sistema esquelético, los vasos sanguíneos tienen una morfología especializada y penetran en el hueso como una densa red vascular. Regulan la formación de células precursoras óseas a través de la liberación de moléculas de señalización y, por lo tanto, la formación, el mantenimiento y la regeneración del tejido óseo.

La curación de los huesos tubulares, o huesos largos en los brazos y las piernas, es un área de intensa investigación en ortopedia y cirugía traumatológica. Los huesos planos, como los que se encuentran en el cráneo, se diferencian de los huesos largos en que no soportan peso. Otras diferencias se encuentran durante el crecimiento y desarrollo de estos tipos de hueso. Científicos del Instituto Max Planck de Biomedicina en Munster han investigado si los hallazgos sobre la curación ósea en los huesos largos pueden transferirse a los huesos planos o si hay diferencias.

Para observar el crecimiento de nuevos vasos sanguíneos durante la cicatrización del hueso del cráneo, un equipo de investigadores desarrolló un método de microscopía intravital que les permite seguir el brote de la vasculatura y el crecimiento de hueso nuevo in vivo durante más de un mes. Utilizando un microscopio multifotónico, especializado en estudios intravitales, los científicos pudieron penetrar profundamente en el tejido en regeneración y

visualizar las células vasculares y óseas, así como las fibras de colágeno de la matriz ósea con alta resolución.

Los científicos descubrieron: "Durante la curación de una lesión de hueso craneal, los vasos germinados no crecieron muy cerca de las células precursoras óseas



Los vasos sanguíneos (verde) han vascularizado completamente la lesión ósea (azul), mientras que las células óseas (rojo) apenas comienzan a formar hueso nuevo.

© MPI de Biomedicina Molecular/ Gabriele Bixel

como las conocemos de los huesos largos. Para nuestra sorpresa, los vasos regeneradores crecieron primero solo en la herida ósea, como pioneros, y establecieron un suministro de sangre primitivo. Solo cuando el suministro de oxígeno y nutrientes esté garantizado, las células óseas migrarán al sitio óseo lesionado como una vaina multicelular y comenzarán gradualmente a osificar la lesión", explica Gabriele Bixel, primer autor y líder del proyecto del estudio junto con Ralf Adams.

Este tipo de curación del hueso del cráneo es fundamentalmente diferente de la curación de una fractura de fémur. "Un fémur roto se cura formando primero un callo blando, un manguito de cartílago, alrededor del sitio de la fractura. Este callo de células de cartílago forma una estructura estabilizadora temporal alrededor del hueso roto", explica Bixel. A medida que el hueso sana, este callo blando se transforma gradualmente en tejido óseo en ambos lados, comenzando desde los extremos externos,

mediante vasos encarnados con células progenitoras óseas comigratorias. Las células progenitoras óseas siguen el curso de los vasos recién formados en las inmediaciones", dice Bixel.

El estudio actual examinó pequeñas lesiones en el hueso del cráneo. "Todavía no podemos concluir qué papel juega la regeneración de los vasos sanguíneos en la curación de grandes defectos óseos o fracturas profundas de cráneo, como una fractura de la base del cráneo", dice Bixel. "Otra pregunta interesante para nosotros es cómo las células vasculares y óseas se comunican entre sí y crecen juntas en el hueso lesionado, y cómo y por qué este acoplamiento angiogénico-osteogénico se suprime durante la curación de pequeñas lesiones en el hueso del cráneo".

Comprender la vasculatura y su papel central en la cicatrización ósea es fundamental para desarrollar estrategias efectivas para mejorar la regeneración ósea. Este sigue siendo uno de los grandes retos a los que se enfrenta la cirugía ortopédica en la actualidad.

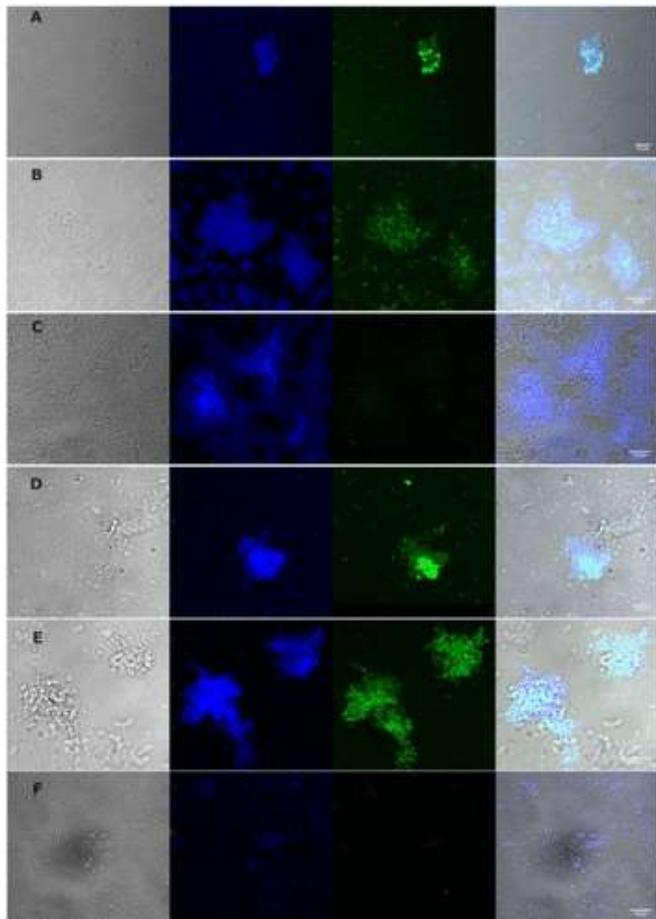
*Nature Communications*; 4 de junio de 2024; DOI: [10.1038/s41467-024-48579-5](https://doi.org/10.1038/s41467-024-48579-5)

### Un código de azúcar modificado con flúor contra la meningitis

Los azúcares están en todas partes. Y los azúcares complejos (glicanos) en la superficie de cada célula actúan como códigos de barras: nuestros cuerpos los escanean para determinar si un elemento pertenece al interior o es un patógeno externo. Las bacterias, por ejemplo, están recubiertas con una cápsula de azúcar que nuestro cuerpo reconoce como extraña y se prepara para atacar.

Este mecanismo sustenta los esfuerzos conjuntos de Peter Seeberger, del Instituto Max Planck de Coloides e Interfases en Potsdam, y Ryan Gilmour, de la Universidad de Münster, contra la meningitis, una enfermedad con un alto número de muertes en todo el mundo, especialmente entre los niños. Su objetivo era diseñar lo que los científicos llaman una vacuna principal: un compuesto prometedor que podría, en el futuro y después de los ensayos clínicos en humanos, convertirse en una vacuna viable.

Para lograrlo, combinaron sus fuerzas. Seeberger se especializa en sintetizar azúcares que se asemejan a los que se encuentran en los patógenos, a través de procesos automatizados y controlados en el laboratorio en lugar de derivarlos de bacterias. Gilmour es un experto en fluoración, es decir, en la adición de



Imágenes de microscopio de fluorescencia confocal de *N. meningitidis* inactivado por calor con sueros de ratones inmunizados. Verde, anti-IgG-488; azul, DAPI; escala de grises, luz de transmisión. A) Unión de sueros diluidos 1:100 de ratones inmunizados con DisAF-CRM-Alum a *N. meningitidis* C. B) Unión de sueros diluidos 1:100 de ratones inmunizados con DisAF-PorA-Alum a *N. meningitidis* C. C) Unión de sueros diluidos 1:100 de ratones inmunizados con PBS-Alum a *N. meningitidis* C. D) Unión de sueros diluidos 1:100 de ratones inmunizados con DisAF-PorA-Alum a *N. meningitidis* B. E) Unión de sueros diluidos 1:100 de DisAF-PorA-Freund a *N. meningitidis* B. F) Unión de sueros diluidos 1:100 de ratones inmunizados con PBS-Freund a *N. meningitidis* B. Falta el copyright

flúor a las moléculas para afinar sus propiedades. Juntos crearon un código de barras a base de azúcar que se asemeja mucho al de algunas cepas de meningococo, una bacteria que causa la meningitis.

El flúor resultó ser la adición crucial, una especie de campana de alarma incorporada en el código del azúcar. Cuando nuestro organismo escanea el compuesto resultante, detecta la presencia de flúor, que no se encuentra de forma natural en los azúcares, y activa así una potente respuesta inmunitaria.

Esto es lo que ocurrió en ratones, donde los científicos observaron una producción fuerte y duradera de anticuerpos contra los tipos B y C de meningitis, la más común en Europa.

"El camino hasta llegar a una vacuna candidata es largo y sinuoso. Pero hemos llegado a una prueba de concepto efectiva. Nuestro código de barras a base de azúcar modificado con flúor tiene un gran potencial para proteger contra la meningitis, pero también contra otras bacterias", concluye Seeberger.

*J. Am. Chem. Soc.* 2024, 146, 22, 15366–1537; DOI:10.1021/jacs.4c03179

### Los "SMARTIES" voladores exploran el cielo y hacen predicciones más precisas

Los SMARTIES (SMART Integrated Electronic Sensors for quantifying atmospheric transport and mixing) son instrumentos de medición pequeños y muy ligeros que constan de sensores ambientales y una unidad de comunicación inalámbrica. Desarrollados por el Instituto Max Planck de Dinámica y Autoorganización en Gotinga y el Instituto Fraunhofer de Circuitos Integrados IIS, se distribuyen en la atmósfera con la ayuda de varios pequeños globos biodegradables. Durante el vuelo, transmiten datos de sensores a una red de estaciones base. "Tanto la transmisión de datos como la localización de los globos funcionan con la tecnología *mioty*<sup>®</sup> desarrollada por Fraunhofer IIS. Esto las hace significativamente más eficientes energéticamente y más fácilmente escalables que las soluciones anteriores", explica el Prof. Alexander Martin, Director de Fraunhofer IIS. Esta nueva combinación de tecnologías permite, por primera vez, recopilar una gran cantidad de datos atmosféricos en un espacio reducido. Esto incluye la temperatura, la humedad y la velocidad del viento, entre otros.

"Podemos utilizar estos datos para desarrollar nuevos modelos para el comportamiento del flujo en áreas locales", dice el Dr. Mohsen Bagheri, jefe de grupo del IMP de Dinámica y Autoorganización, al explicar el contenido del proyecto. Esto permite predicciones precisas de la distribución de las partículas. "Con

SMARTIES, podemos utilizar estos nuevos modelos para advertir mejor a las personas en caso de eventos extremadamente peligrosos haciendo predicciones más precisas”, añade el profesor Eberhard Bodenschatz, director general del IMP.

El proyecto SMARTIES forma parte del programa de cooperación Fraunhofer-Max Planck y se está llevando a cabo en colaboración con el MPI-DS bajo la dirección



Representación esquemática de los mini globos meteorológicos con sensores ambientales y las estaciones base en la tierra y en el CloudKite© Fraunhofer IIS

del subproyecto del Dr. Mohsen Bagheri y el Fraunhofer IIS bajo la gestión del subproyecto del Dipl.-Ing. Ferdinand Kemeth. La base del proyecto incluye mediciones atmosféricas en la estación de investigación ambiental "Schneefernerhaus" en el Zugspitze. Al final del proyecto, el sistema se probará en varias campañas de campo, incluida la de Pallastunturi, Finlandia.

### **Una nueva investigación muestra una mejora en la producción de alcohol a partir del CO2 procedente de fuentes renovables**

El estudio, llevado a cabo por el Departamento de Ciencia de la Interfaz del Instituto Fritz Haber en Berlín, explora por qué la alteración de las condiciones de reacción puede conducir a una conversión más eficiente del CO<sub>2</sub> en etanol, un valioso producto químico y combustible. Este proceso, conocido como reducción electrocatalítica de CO<sub>2</sub> se considera una tecnología fundamental para crear productos químicos y combustibles sostenibles mediante el uso de electricidad renovable.

Uno de los principales desafíos ha sido mejorar la selectividad del proceso, es decir, elegir qué productos específicos se crean. La investigación muestra que es posible dirigir el resultado hacia la producción de más etanol ajustando las condiciones de la reacción. Este avance se debe en parte a los cambios en la cobertura de la molécula de adsorbato sobre los catalizadores de cobre durante la reacción, que está influenciada por las condiciones de operación específicas seleccionadas.

El equipo utilizó técnicas espectroscópicas avanzadas resueltas en el tiempo para estudiar la reacción a medida que sucedía (operando), proporcionando información sobre cómo la química de la superficie del catalizador juega un papel crucial en su efectividad. Esta comprensión detallada es vital para aplicar estos hallazgos a aplicaciones industriales del mundo real.

La Dra. Antonia Herzog, autora principal del estudio, y sus colegas pudieron observar la reacción con un detalle sin precedentes, descubriendo que la presencia de ciertas moléculas en la superficie del catalizador aumenta significativamente la producción de etanol. Además, dio a conocer que no es solo la cobertura de monóxido de carbono, como se pensaba anteriormente, lo que influye en la vía de reacción y, por lo tanto, en la selectividad del producto, sino en la cobertura relativa de especies de CO y OH adsorbidas. Este hallazgo podría revolucionar la forma en que abordamos la reducción de CO<sub>2</sub> y la producción de combustible, haciéndolo más eficiente y sostenible.

La investigación subraya la importancia de una comprensión mecanicista de estas reacciones, que se puede obtener a través de la caracterización avanzada de materiales espectroscópicos, con el fin de mejorarlas y aplicarlas a mayor escala. También sugiere que ciertos factores que se pasan por alto, como la alcalinidad local alrededor del catalizador, son más importantes de lo que se pensaba.

Este estudio no solo avanza en el conocimiento de cómo convertir el CO<sub>2</sub> en productos útiles, sino que también contribuye a una comprensión más amplia de la producción química sostenible y la influencia de un entorno químico cambiante alrededor de los sitios catalíticamente activos, que podemos sintonizar aquí aplicando pulsos potenciales. A medida que nos esforzamos por un futuro neutro en carbono, estos conocimientos son cruciales para desarrollar nuevas tecnologías que hagan un mejor uso del CO<sub>2</sub>,

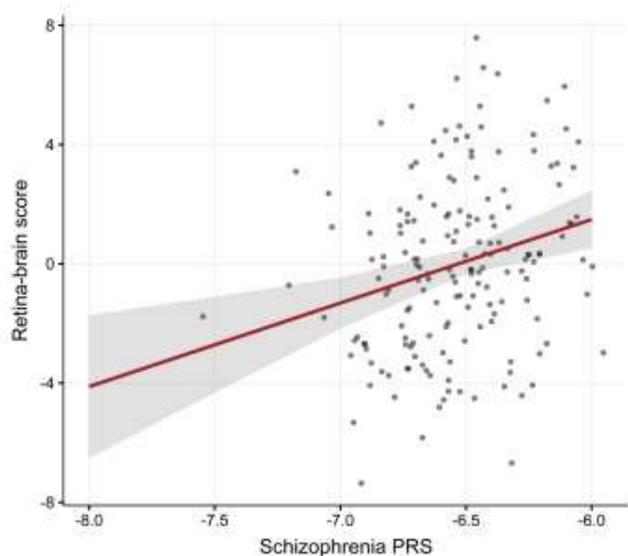
ayudando a transformar las industrias y la sociedad hacia la sostenibilidad.

*Nature Communications volumen 15, Artículo número 3986 (2024); DOI: 10.1038/s41467-024-48052-3*

### La retina indica la gravedad de la esquizofrenia

Desde una perspectiva evolutiva, la retina es una consecuencia del cerebro y comparte la misma genética. En enfermedades como la esquizofrenia, que se caracteriza por cambios genéticos, la retina es una alternativa de fácil acceso para que los investigadores estudien el sistema nervioso central. El primer autor, Emanuel Boudriot, del Instituto Max Planck de Psiquiatría en Múnich, y sus colegas examinaron la retina de alrededor de 230 pacientes con esquizofrenia y controles sanos. Registraron las capas de la retina mediante tomografía de coherencia óptica (TCO) basada en la luz y midieron las señales eléctricas de las células nerviosas individuales.

"Nuestros resultados muestran que algunas capas de la retina eran significativamente más delgadas en los pacientes con esquizofrenia, y las señales electrofisiológicas se alteraban significativamente", explica el líder del estudio, Florian Raabe.



Asociación entre las puntuaciones de riesgo poligénico de esquizofrenia (SZ-PRS) y las puntuaciones de retina-cerebro ( $R^2_{Adj} = 0,058$ ;  $p < 0,001$ ). © Biological Psychiatry ; DOI: 10.1016/j.biopsych.2024.04.014

Por primera vez, los científicos también pudieron demostrar que los cambios en la retina eran particularmente pronunciados en los pacientes más

gravemente enfermos y en los pacientes con una mayor carga de factores de riesgo genéticos. Esta correlación indica que los cambios retinianos son causados por la propia enfermedad y no solo por otros factores como el tabaquismo, la obesidad o la diabetes (que generalmente son más frecuentes en pacientes con esquizofrenia que en el resto de la población).

El estudio transversal, publicado en Biological Psychiatry, proporciona instantáneas. Se necesitan estudios longitudinales para confirmar si los pacientes con cambios pronunciados en la retina generalmente tienen una progresión más grave de la enfermedad. Esto implica hacer un seguimiento de los pacientes durante un período de tiempo más largo, a partir del momento del diagnóstico. En el futuro, la medición de la retina en el momento del diagnóstico podría ayudar a los psiquiatras a predecir qué pacientes están particularmente en riesgo y requieren una observación más cercana.

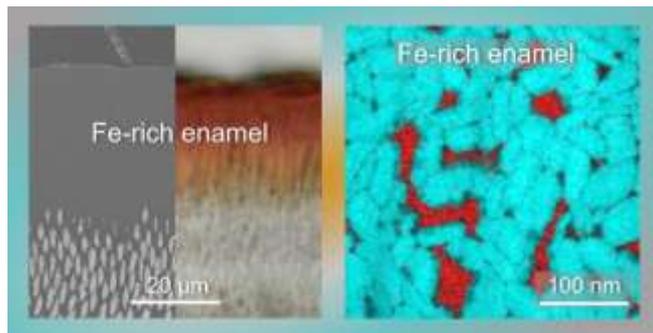
*Biological Psychiatry (2024); DOI: 10.1016/j.biopsych.2024.04.014*

### Descubren un material que contiene hierro en el esmalte externo de los dientes de roedores que también podría hacer que los dientes humanos sean más resistentes

Los dientes son un excelente ejemplo de un material compuesto natural que consiste en componentes orgánicos e inorgánicos simples dispuestos de manera óptima. El esmalte dental es el tejido más mineralizado y duro de nuestro cuerpo. Consiste principalmente en cristales alargados de hidroxiapatita que contienen calcio que se mezclan con materia orgánica y agua. Tanto los dientes humanos como los de animales están recubiertos con este componente estructural cristalino y extremadamente resistente.

Los incisivos de los roedores, en continuo crecimiento y sin raíces, se adaptan perfectamente a la actividad de roer gracias a la optimización estructural y química y, por lo tanto, son especialmente robustos. Su lado labial está cubierto con un esmalte particularmente duro, lo que los convierte en un dispositivo autoafilable. Los incisivos de los roedores llaman la atención por su característico color marrón anaranjado.

Vesna Srot y sus colegas del Instituto Max Planck para la Investigación del Estado Sólido en Stuttgart descubrieron qué hace que los dientes de los roedores sean tan resistentes. En el esmalte dental de siete especies diferentes de roedores, encontraron un material similar a la ferrihidrita que contiene hierro en los espacios de tamaño nanométrico entre los cristales alargados de hidroxiapatita. "Estas bolsas llenas representan menos del dos por ciento del esmalte rico en hierro por volumen, pero son decisivas para las propiedades mecánicas y la resistencia al ataque de los



Izquierda: Imagen de microscopio electrónico de barrido de la sección transversal grabada de un incisivo de roedor (izquierda) comparada con la imagen óptica de la misma área (derecha). Este último muestra el efecto del color de la superficie del diente brillando a través del esmalte rico en hierro hacia el interior del diente. Derecha: Los mapas elementales medidos por espectroscopía de pérdida de energía de electrones de Ca (cian) y Fe (rojo) muestran bolsas que contienen hierro (rojo) en el esmalte rico en hierro.  
© adaptado de ACS Nano

ácidos", dice Vesna Srot.

La capa rica en hierro recién descubierta es similar en color al esmalte dental normal. Por lo tanto, no es la causa del color marrón anaranjado de los dientes de los roedores. En cambio, las dos capas superpuestas, la capa superficial y la zona de transición, son decisivas para el color. El primero consta de una matriz orgánica y un componente inorgánico que también contiene hierro. Varía en grosor, incluso en diferentes dientes de un individuo. Cuanto más gruesa sea la capa superficial, más oscuro será el diente.

"Los resultados representan un cambio de paradigma, ya que anteriormente se pensaba que el color era causado por el esmalte rico en hierro". Por lo tanto, los investigadores recomiendan reevaluar la terminología convencional que se ha utilizado durante siete décadas: el esmalte anteriormente denominado

"esmalte pigmentado" ahora debe definirse como "esmalte rico en hierro".

Como parte del estudio, los investigadores analizaron los incisivos de siete especies de roedores de diferentes hábitats: castor, nutria, marmota, ardilla, topo, ratón y rata. Para visualizar la arquitectura de los dientes a macro y nanoescala, los investigadores utilizaron técnicas de imagen a nanoescala en combinación con tomografía 3D, microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido. Aunque las siete especies estudiadas tenían diferentes condiciones de vida, sus dientes generalmente adaptaban la misma microestructura. Por lo tanto, el desarrollo de los dientes en los roedores parece ser una adaptación general en la que los factores ambientales individuales no desempeñan un papel. "Los dientes de los roedores son obras maestras de la arquitectura", dice Vesna Srot. "Tienen propiedades físicas notables que los hacen muy diferentes de los dientes humanos". Estas diferencias son de gran interés para la odontología humana.

Dado que el material rico en hierro recién descubierto mejora las propiedades del esmalte dental sin cambiar su color, podría ser el punto de partida para el desarrollo de una clase completamente nueva de biomateriales dentales. También son concebibles diversas aplicaciones en la odontología restauradora. "La adición de pequeñas cantidades de material amorfo o nanocristalino similar a la ferrihidrita u otros oxihidróxidos de hierro biocompatibles a los productos para el cuidado dental podría proteger el esmalte dental humano excepcionalmente bien", dice Vesna Srot. Además, se podrían incorporar pequeñas cantidades de oxihidróxidos de hierro en el esmalte sintético para hacer que las reparaciones dentales sean más duraderas.

*ACS Nano* 2024, 18, 17, 11270–11283; DOI: 10.1021/acsnano.4c00578

### Centro Max Planck en África estudiará cómo las interacciones entre especies conducen a la coevolución e influyen en la biodiversidad

Los Centros Max Planck son centros de excelencia que se encuentran en los institutos participantes, generalmente uno o dos Institutos Max Planck en Alemania y una institución asociada en otro país. Los centros se financian inicialmente por un período de cinco años para permitir a los científicos de ambos lugares llevar a cabo proyectos de investigación

complejos, combinar diferentes enfoques y aprovechar los recursos existentes.

El nuevo Centro Max Planck de Comportamiento y Coevolución de la Universidad de Ciudad del Cabo será el primer Centro Max Planck en África. Reúne la experiencia científica y técnica, las habilidades de investigación de campo y los sistemas de estudio aviar de las dos instituciones asociadas. El centro también involucrará y ampliará las asociaciones existentes con colaboradores en otros países africanos, incluidos Zambia y Mozambique, que proporcionan habilidades y recursos excepcionales para la investigación de campo, y forjarán nuevas cooperaciones.

"África nos ofrece oportunidades únicas para formular y responder preguntas que no pueden abordarse en la investigación realizada en el Norte Global" dice Claire Spottiswoode, profesora de la Universidad de Ciudad del Cabo que será una de las dos directoras del nuevo centro de investigación. Esto se debe a que la mayor parte de la diversidad de la vida en la Tierra se encuentra en los trópicos, como ocurre en el continente africano. Las condiciones climáticas estables han permitido que muchas especies coexistan y afinen sus comportamientos e interacciones durante largos períodos de tiempo. Esta riqueza en biodiversidad, tanto en términos de especies como de comportamientos adaptados, permite a los investigadores estudiar cómo funcionan y evolucionan las interacciones entre especies en su entorno natural.

"Además, nuestra investigación se ve reforzada por el conocimiento y el talento no solo de los jóvenes científicos africanos, sino también de las comunidades locales", agrega Spottiswoode.

La investigación en el nuevo Centro Max Planck girará en torno a tres temas. En primer lugar, los científicos estudiarán las interacciones conductuales entre los parásitos de cría (aves que engañan a otras aves para que incuben sus huevos y críen a sus crías) y sus huéspedes. En estas relaciones, los parásitos tratan de imitar los huevos de sus huéspedes, mientras que los huéspedes desarrollan estrategias para detectar huevos parásitos, por ejemplo, mediante la evolución de "firmas" visuales de identidad en sus propios huevos. Los factores genéticos y sociales que dan forma al color y el patrón de los huevos, así como los procesos de aprendizaje que dan forma a su reconocimiento por parte de los huéspedes, aún no se comprenden completamente.



Mimetismo: huevo de prinia de flancos leonados y pinzón cuco © Instituto Fitz Patrick de Ornitología Africana/Claire Spottiswoode

En segundo lugar, el Centro estudiará las interacciones entre las aves silvestres conocidas como guías de miel y los seres humanos en diferentes regiones de África. La asociación es el único ejemplo conocido hasta la fecha de una comunicación bidireccional entre los humanos y los animales de vida libre, lo que facilita un esfuerzo común: las aves ayudan a los humanos a encontrar colmenas de abejas melíferas y se benefician de las capacidades técnicas de los humanos para acceder a la miel que contienen. "En colaboración con las comunidades de pescadores de miel, por primera vez podremos estudiar los mecanismos por los cuales las culturas coevolucionan reforzando las tradiciones culturales de las demás", dice Claire Spottiswoode. "La relación mutualista entre los guías de miel y los humanos se está desvaneciendo a medida que el paisaje cultural de África cambia rápidamente. Con nuestra investigación, esperamos poder ayudar a predecir y salvaguardar su futuro".

En tercer lugar, los investigadores quieren comprender cómo las interacciones entre las especies se adaptan a las condiciones ambientales cambiantes, como las temperaturas más altas y las estaciones más secas. Por ejemplo, los científicos planean estudiar cómo cambian los patrones y los colores de los huevos cuando aumentan las temperaturas, ya que las aves tienen que encontrar compromisos entre proteger sus huevos contra el sobrecalentamiento, los

depredadores y los parásitos de cría. También se preguntarán cómo el ciclo anual de las aves tropicales puede ser moldeado por los microbios con los que interactúan, ya sea como socios o como enemigos, y cómo estas relaciones pueden ser remodeladas en un mundo que cambia rápidamente.

### Otros Centros Max Planck

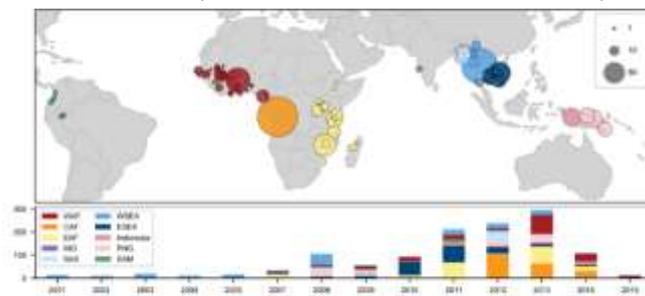
#### **Científicos reconstruyen genomas antiguos de los dos parásitos más mortíferos de la malaria, *Plasmodium vivax* y *Plasmodium falciparum***

La malaria, una de las enfermedades infecciosas más mortíferas del mundo, es causada por varias especies de parásitos unicelulares que se transmiten a través de la picadura de mosquitos *Anopheles* infectados. A pesar de los importantes esfuerzos de control y erradicación, casi la mitad de la población mundial sigue viviendo en regiones donde corren el riesgo de contraer el paludismo, y la Organización Mundial de la Salud estima que el paludismo causa casi 250 millones de infecciones y más de 600.000 muertes cada año.

A pesar de este impacto evolutivo, los orígenes y la propagación de las dos especies más mortíferas de parásitos de la malaria, *Plasmodium falciparum* y *Plasmodium vivax*, siguen siendo un misterio. Las infecciones de malaria no dejan rastros claros y visibles en los restos óseos humanos, y las escasas referencias en los textos históricos pueden ser difíciles de descifrar. Sin embargo, los avances recientes en el campo del ADN antiguo han revelado que los dientes humanos pueden preservar rastros de patógenos presentes en la sangre de una persona en el momento de la muerte, lo que brinda la oportunidad de estudiar enfermedades que normalmente son invisibles en el registro arqueológico. Para explorar la enigmática historia de la malaria, un equipo internacional de investigadores que representa a 80 instituciones y 21 países reconstruyó datos de todo el genoma de *Plasmodium* de 36 individuos infectados con malaria que abarcan 5.500 años de historia humana en los cinco continentes.

La malaria es endémica en las regiones tropicales de las Américas hoy en día, y los científicos han debatido durante mucho tiempo si *P. vivax*, una especie de malaria adaptada para sobrevivir en climas templados, pudo haber llegado a través del estrecho de Bering con el poblamiento del continente o haber viajado a raíz de

la colonización europea. Para rastrear el viaje de los parásitos a las Américas, el equipo analizó ADN antiguo de un individuo infectado con malaria de la Laguna de los Cóndores, un sitio de gran altitud situado en los remotos bosques nubosos de los Andes orientales peruanos. El análisis genómico reveló una notable similitud entre la cepa *P. vivax* de la Laguna de los Cóndores y la antigua *P. vivax* europea, lo que sugiere fuertemente que los colonizadores europeos



Orígenes geográficos, asignaciones de población y años de muestreo para 1.232 cepas de *P. falciparum* incluidas en el conjunto de datos comparativos modernos.  
© Nature, DOI: 10.1038/s41586-024-07546-2

extendieron esta especie a las Américas dentro del primer siglo más o menos después del contacto. "Amplificadas por los efectos de la guerra, la esclavitud y el desplazamiento de la población, las enfermedades infecciosas, incluida la malaria, devastaron a los pueblos indígenas de las Américas durante el período colonial, con tasas de mortalidad de hasta el 90 por ciento en algunos lugares", dice la coautora Evelyn Guevara, investigadora postdoctoral en la Universidad de Helsinki y el Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva en Leipzig.

Sorprendentemente, el equipo también descubrió vínculos genéticos entre la cepa de la Laguna de los Cóndores y las poblaciones modernas de *P. vivax* peruano entre 400 y 500 años después. "Además de mostrar que la malaria se extendió rápidamente a lo que hoy es una región relativamente remota, nuestros datos sugieren que el patógeno prosperó allí, estableciendo un foco endémico y dando lugar a parásitos que todavía infectan a las personas en Perú hoy en día", dice la coautora Eirini Skourtanioti, investigadora postdoctoral en el Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva y el Centro de Investigación Max Planck-Harvard Archaeoscience of the Ancient Mediterranean.

Si bien el papel del colonialismo en la propagación de la malaria es evidente en las Américas, el equipo

descubrió actividades militares que dieron forma a la propagación regional de la malaria al otro lado del Atlántico. El cementerio de la catedral gótica de San Rombout en Malinas, Bélgica, estaba situado junto al primer hospital militar permanente (1567-1715) en la Europa moderna temprana. El ADN humano y patógeno antiguo identificó casos locales de *P. vivax* entre la población general enterrada antes de la construcción del hospital militar, mientras que los individuos enterrados después de su construcción incluían casos de malaria por *P. falciparum*, más virulenta. "Lo más interesante es que observamos más casos de malaria en individuos masculinos no locales del período hospitalario militar", explica la coautora Federica Pierini, investigadora postdoctoral en el Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva. "También identificamos varios individuos infectados con *P. falciparum*, una especie que prosperó en climas mediterráneos antes de la erradicación, pero que no se creía que fuera endémica al norte de los Alpes durante este período".

Al otro lado del mundo, en el Himalaya, el equipo identificó inesperadamente el primer caso conocido de malaria por *P. falciparum* en el sitio de Chokhopani (ca. 800 a.C.), ubicado a lo largo del valle del río Kali Gandaki en el distrito de Mustang de Nepal. A 2800 metros sobre el nivel del mar, el sitio se encuentra fuera del rango de hábitat tanto para el parásito de la malaria como para el mosquito Anopheles. Ni el parásito ni los mosquitos capaces de transmitir la malaria pueden sobrevivir a esa altitud.

El análisis genético humano reveló que el individuo infectado era un macho local con adaptaciones genéticas para la vida a gran altitud. Sin embargo, la evidencia arqueológica en Chokhopani y otros sitios cercanos sugiere que estas poblaciones del Himalaya se dedicaban activamente al comercio a larga distancia. Los artefactos de cobre recuperados de las cámaras funerarias de Chokhopani demuestran que los antiguos habitantes de Mustang formaban parte de redes de intercambio más grandes que incluían el norte de la India, y no es necesario viajar muy lejos para llegar a las regiones bajas y mal drenadas del Terai nepalí e indio, donde la malaria es endémica hoy en día. El equipo cree que el hombre probablemente viajó a una región endémica de malaria de menor altitud, posiblemente para el comercio u otros fines, antes de regresar o ser llevado de regreso a Chokhopani, donde más tarde fue enterrado.

*Nature*, 12 de junio de 2024; DOI: 10.1038/s41586-024-07546-2

### La dilatación de la pupila disminuye con la edad

Científicos del Instituto Max Planck de Cibernética Biológica de Tubinga y de la Universidad de Basilea, Suiza, estudiaron la dilatación de las pupilas en sujetos de diferentes edades. Para ello, equiparon a mujeres y hombres de entre 18 y 87 años con un dispositivo de medición compacto y móvil en un experimento de campo en situaciones de iluminación natural, y también los examinaron en un experimento de laboratorio en condiciones de iluminación controlables. "Muchos hallazgos sobre la pupila provienen de pruebas de laboratorio puras. Para nosotros es importante que los resultados sean comparables y directamente transferibles a la vida cotidiana. Es por eso que diseñamos el estudio para que sea lo más cercano posible a la vida cotidiana", explica Rafael Lazar, estudiante de doctorado en el Centro de Cronobiología de la Universidad de Basilea, Suiza. Por cierto, este estudio es único en su forma porque aún no ha sido técnicamente factible realizar mediciones en condiciones reales con una solución muy compacta y móvil.

Los participantes estuvieron expuestos a diversas situaciones cotidianas en condiciones típicas de iluminación durante el día: en interiores con luz artificial y natural, en el trabajo en un ordenador con pantalla LED y al aire libre en un paseo bajo luz natural. En el laboratorio, todos los sujetos de prueba también se expusieron a luz artificial de diferentes longitudes de onda (rojo, verde, azul y blanco) y se midió la dilatación de su pupila para su comparabilidad y controlabilidad con otros estudios.

"Nuestros resultados confirman la hipótesis de que la capacidad de la pupila para adaptarse a diferentes situaciones de luz disminuye a medida que envejecemos. Basándonos en nuestra amplia muestra, podemos determinar que la anchura de la pupila disminuye alrededor de 0,4 milímetros por década. Los jóvenes ven mejor los entornos nocturnos poco iluminados que las personas mayores debido a la mayor agilidad de sus pupilas", explica el líder del proyecto, Manuel Spitschan, jefe de grupo de investigación en el Instituto Max Planck de Cibernética Biológica y profesor de la Facultad de Medicina y Salud de la Universidad Técnica de Múnich.

Cuando la luz entra en el ojo, la pupila funciona como la apertura de una cámara y la retina como un sensor sensible a la luz: con luz brillante, la pupila se cierra a un diámetro de hasta dos milímetros, lo que permite que llegue menos luz a los receptores de luz sensibles a los estímulos de la retina dentro del ojo. Con poca luz, se abre hasta ocho milímetros para que pueda llegar más luz a las células sensibles al brillo y al color de la retina. Si la incidencia de la luz se vuelve demasiado



Experimento de laboratorio con rastreador ocular móvil.  
© IMP de Cibernética Biológica

alta, la percepción visual correspondería a una sobreexposición; Si no hay suficiente luz, se produciría una subexposición.

La disminución de la agudeza visual puede desempeñar un papel en detrimento de la calidad general de vida y trabajo debido a la reducción de la dilatación de las pupilas. La iluminación de la retina también es importante para nuestro reloj interno, ya que está constantemente sincronizada con el entorno circundante a través de la alternancia de luz y oscuridad. El estudio actual mostró que las personas mayores tienen mucha menos luz disponible para su reloj circadiano. Esto tiene un impacto en el bienestar físico, especialmente en el sueño saludable: "Sabemos que las personas mayores tienen una mayor vulnerabilidad a la interrupción de su ciclo de sueño-vigilia. Nuestro estudio muestra que la dosis de luz que necesitamos para mantener nuestra salud y bienestar puede necesitar ser ajustada a medida que envejecemos, aunque también hay evidencia de que nuestro cerebro también se adapta. Las investigaciones futuras desvelarán cómo convertir esto en recomendaciones prácticas para todos, jóvenes y mayores". También es interesante notar que el color de los ojos, el sexo o el consumo de cafeína no influyen

en la agudeza visual en relación con la dilatación de la pupila a medida que las personas envejecen.

*Royal Society Open Science; 19 de junio de 2024; DOI: 10.1098/rsos.191613*

### **Investigadores descubren un interruptor genético en las plantas que puede cambiar la forma de las hojas**

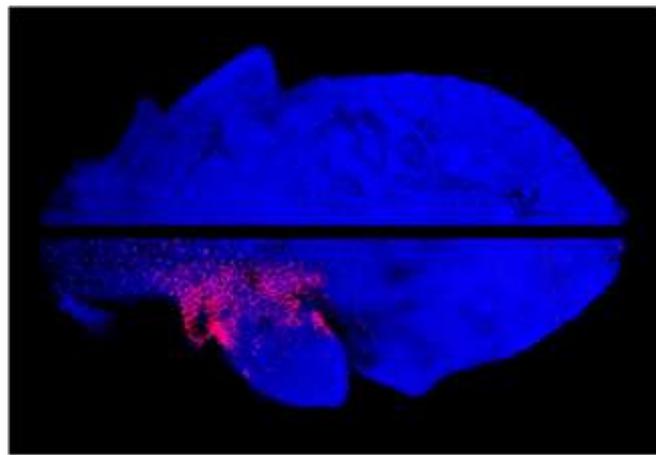
El Dr. Miltos Tsiantis y su grupo del Instituto Max Planck de Investigación en Fitomejoramiento en Colonia, buscan averiguar cómo se desarrollan las formas biológicas y la base de su diversidad. Para averiguar cómo se desarrollan las diferentes formas de las hojas, los investigadores compararon al berro (*Arabidopsis thaliana*) – cuyo genoma y desarrollo se han estudiado intensamente durante muchos años – con su pariente cercano, el berro amargo peludo (*Cardamine hirsuta*), que tiene hojas formadas por folíolos individuales en lugar de las simples hojas en forma de cuchara de *Arabidopsis*, los investigadores quieren.

El crecimiento de las hojas está controlado por la hormona auxina: las hojas, los folíolos o las flores se desarrollan en zonas con una alta concentración de auxinas. El lugar donde se acumula la hormona está determinado por la actividad de la proteína PIN1, que transporta auxina fuera de las células. Los transportadores PIN1 no se distribuyen uniformemente sobre la superficie de una célula, sino que pueden concentrarse en la parte superior o inferior, por ejemplo. Esta asimetría es decisiva para el lugar donde actúan las auxinas. La distribución de PIN1 también se puede alterar para crear un patrón de crecimiento de encendido/apagado, por ejemplo, en la disposición de las hojas a lo largo de un tallo. Esta capacidad de PIN1 y auxina para organizar el crecimiento de las plantas se conoce desde hace algún tiempo. "Sin embargo, sabemos muy poco sobre cómo se controlan las diferentes distribuciones del transportador PIN1 y cómo se desencadenan diferentes patrones de crecimiento en las células, que en última instancia determinan la forma de una hoja", explica Tsiantis.

Los investigadores utilizaron microscopios de última generación para visualizar células individuales en las plantas y crearon imágenes de lapso de tiempo del desarrollo de las hojas que les permiten medir el crecimiento de cada célula en la superficie de la hoja. Mediante el uso de proteínas fluorescentes para

etiquetar los productos de los genes que les interesan, también pueden observar qué genes están activos, cuándo y dónde en las células. Trabajando junto con Adam Runions de la Universidad de Calgary, los investigadores utilizan estos datos biológicos para generar modelos informáticos que les permiten simular las interacciones genéticas que, en última instancia, controlan los patrones de crecimiento de las hojas.

Durante sus investigaciones de sus dos plantas modelo, el equipo descubrió un interruptor genético que involucra un gen llamado CUC1. Cuando se activa, este interruptor puede influir en el lugar de una célula en el que se acumulará el transportador PIN1 y, posteriormente, la hormona del crecimiento auxina. CUC1 no está activo en las hojas simples de *Arabidopsis*. Sin embargo, en el berro amargo peludo, CUC1 conduce a la formación de folíolos. "Descubrimos que este interruptor dependiente de CUC1 indica que el crecimiento celular tenga lugar en un patrón



Parte superior: media hoja de una hoja en desarrollo de *Arabidopsis*. Abajo: Hoja en desarrollo de *Arabidopsis* que expresa el gen *COTYLEDON1* en forma de copa (CUC1) de *Cardamine hirsuta* fusionado a una proteína fluorescente (color púrpura). La expresión de CUC1 crea una excrecencia más profunda.  
© IMP para la Investigación de Fitomejoramiento/  
Madlen Rast- Somssich

específico, que en el berro amargo peludo permite que se desarrolle su compleja forma de hoja", explican los investigadores Ziliang Hu y David Wilson-Sánchez, autores principales del estudio. "Cuando activamos CUC1 en *Arabidopsis thaliana*, también forma hojas más complejas".

Sus experimentos no solo ayudan a explicar las diferentes hojas de las dos especies de plantas

estudiadas, sino que también demuestran cómo un interruptor genético puede afectar la polaridad y el crecimiento de las células individuales de manera coordinada y, por lo tanto, conducir a la formación de formas complejas. "Con este trabajo, ahora tenemos una imagen mucho más clara de los mecanismos fundamentales que operan en las células para generar las formas de las plantas y su diversidad", dice Tsiantis

*PNAS*; 21 de junio de 2024; DOI: 10.1073/pnas.232187712

### Un anillo de nanotubos de ADN que podría utilizarse en la división celular artificial

En biología sintética, los investigadores intentan recrear mecanismos cruciales de la vida in vitro, como la división celular. El objetivo es poder producir artificialmente un mínimo de células compuestas por el menor número posible de componentes. Un equipo de investigación dirigido por Kerstin Göpfrich, del Instituto Max Planck de Investigación Médica y la Universidad de Heidelberg, ha reproducido sintéticamente anillos contráctiles para la división celular utilizando anillos poliméricos compuestos de nanotubos de ADN.

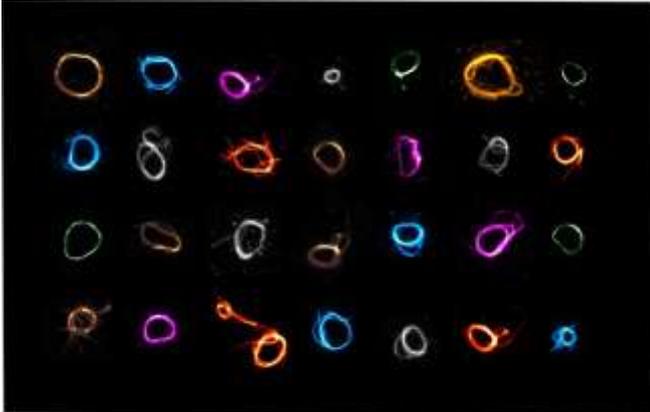
La formación de un anillo que constriñe y separa las células en división es un paso importante en la división celular natural. En la naturaleza, esto se logra mediante una maquinaria de proteínas: las proteínas motoras alimentadas por la energía química de la hidrólisis de ATP unen un anillo de filamentos de la proteína actina. El trifosfato de adenosina, o ATP, es una molécula que se encuentra en todas las células vivas y suministra la energía para numerosos procesos celulares.

El mecanismo de contracción de los anillos de ADN desarrollado por los investigadores del MPI Kerstin Göpfrich, Maja Illig y Kevin Jahnke ya no depende de proteínas motoras alimentadas por hidrólisis de ATP. En cambio, la atracción molecular entre los segmentos del anillo puede desencadenar la contracción de los anillos de polímero.

Esta atracción molecular se puede inducir de dos maneras: ya sea mediante la reticulación de moléculas con dos extremos "pegajosos" que pueden conectar dos segmentos de polímero, o a través de una interacción en la que los polímeros están rodeados por moléculas que presionan los segmentos entre sí. Este mecanismo no consume energía química, lo que

significa que no es necesario incorporar ninguna fuente de energía en la célula sintética para que el mecanismo funcione.

"Estamos convencidos de que solo estamos al principio. Nuestro nuevo desarrollo nos da el coraje para soñar con una maquinaria de división completamente sintética para células sintéticas, que



Anillos de nanotubos de ADN. © DOI: 10.1038/s41467-024-46339-z

no esté necesariamente basada en proteínas", dice la líder del grupo de investigación, Kerstin Göpfrich. "Las proteínas no pueden copiarse a sí mismas. Por lo tanto, creemos que una maquinaria basada en ácidos nucleicos para células sintéticas puede ser un atajo hacia la creación de vida artificial". La teoría y la simulación que respaldan los experimentos bajo su liderazgo permiten explicar cuantitativamente cómo se forman y contraen los anillos de polímero. Sobre esta base, es posible determinar cómo se puede controlar con precisión el diámetro del anillo de ADN, lo cual es muy importante para futuras aplicaciones de anillos contráctiles en biología sintética.

Los mecanismos de división celular son un paso importante hacia una célula artificial, cuya construcción facilita una mejor comprensión de los mecanismos funcionales de las células naturales y, por tanto, de los fundamentos de la vida.

*Nature Communications volumen 15, Artículo 2307 (2024); DOI: 10.1038/s41467-024-46339-z*

### Investigadores describen un nuevo endosimbionte que está muy extendido en los insectos

Los organismos vivos siempre forman parte de un ecosistema y están influenciados por otros organismos

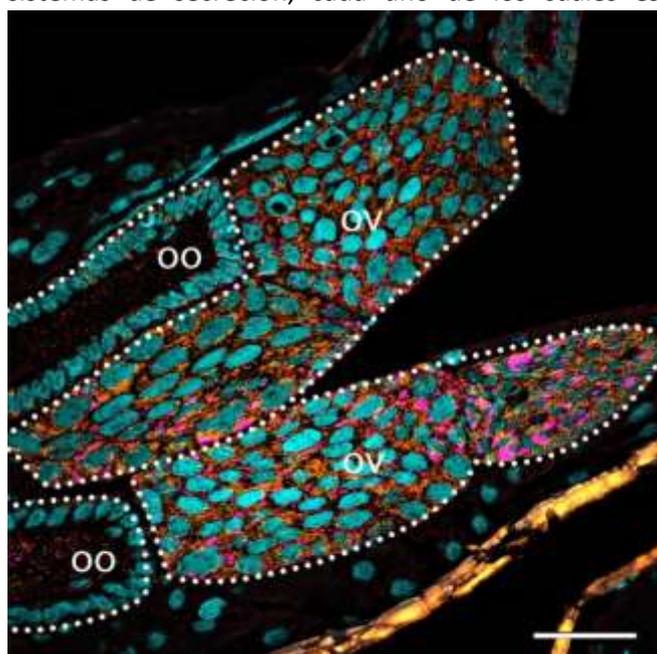
vivos. Hay interacciones dañinas, como cuando un parásito priva a su huésped de recursos importantes, pero también hay simbiosis en las que ambos miembros de la pareja se benefician del intercambio de servicios importantes. Los límites entre el parasitismo y la simbiosis son a menudo difusos. Un equipo de investigadores dirigido por Martin Kaltenpoth, jefe del Departamento de Simbiosis de Insectos del Instituto Max Planck de Ecología Química en Jena, ha descrito por primera vez el simbiote de insectos recién descubierto *Symbiodolus clandestinus*.

"Varios miembros de nuestro grupo de investigación descubrieron de forma independiente *Symbiodolus* en diferentes especies de insectos. Investigando en bases de datos de ADN, me di cuenta de que estábamos tras la pista de un simbiote bacteriano que está muy extendido en diferentes especies de insectos. Sin embargo no había sido estudiado hasta el momento, sado que el simbiote no parece tener un efecto claro en los huéspedes, y que no siempre se encuentra en grandes cantidades en el huésped", explica el primer autor Jürgen Wierz.

Para estudiar al simbiote, en particular qué tan extendido está, en qué tejidos de insectos se encuentra y qué interacciones tiene con los insectos que coloniza, el investigador utilizó la secuenciación del genoma. Así el equipo de investigación pudo identificar *Symbiodolus* en 23 especies de insectos estudiadas de seis órdenes diferentes de insectos, incluidos escarabajos, dípteros, mariposas y pulgas. En las especies con *Symbiodolus*, casi todos los individuos analizados portaban el simbiote, aunque la cantidad de bacterias *Symbiodolus* en las especies individuales de insectos varió mucho. Esto indica que el simbiote está muy bien adaptado a la vida en insectos.

Utilizando la hibridación fluorescente in situ, una técnica de imagen basada en el principio de emparejamiento de bases complementarias y el marcaje fluorescente, los investigadores descubrieron que *Symbiodolus* puede propagarse e invadir células en diferentes tejidos de insectos. Los investigadores encontraron un número particularmente alto de bacterias *Symbiodolus* en los órganos reproductivos de los insectos. También encontraron el simbiote en todas las etapas de la vida de los insectos, incluidos los huevos, lo que sugiere que el simbiote se transmite de padres a hijos.

Para aprender más sobre las posibles interacciones entre los simbioses y sus insectos huéspedes, el equipo de investigación utilizó la secuenciación del genoma para identificar los sistemas de secreción de la bacteria *Symbiodolus*. Los sistemas de secreción ayudan a las bacterias a transportar moléculas de manera eficiente fuera de la célula y, a veces, a una célula huésped u otro microorganismo, controlando así varios procesos biológicos. Existen diferentes tipos de sistemas de secreción, cada uno de los cuales es



Bacteria *Symbiodolus* en el tejido reproductor (ov = ovario, oo = ovocito) del escarabajo de la hoja del cereal *Oulema gallaeciana* se tiñen de color amarillento, mientras que los núcleos del huésped se tiñen de cian.

© MPI de Ecología Química/ Jürgen Wierz

adecuado para tareas específicas. El equipo encontró varios sistemas de secreción de este tipo, incluidos los tres tipos, T1SS, T3SS y T6SS, así como otro, T4SS, que solo estaba presente en algunos de los genomas de insectos analizados. "Es impresionante la cantidad de sistemas de secreción que tiene el simbiote, y sospechamos que juegan un papel importante en la capacidad de *Symbiodolus* para colonizar diferentes huéspedes y penetrar en sus células", dice Jürgen Wierz. Además de estos mecanismos de interacción, *Symbiodolus* puede producir varios aminoácidos y vitaminas que podrían proporcionarse a sus huéspedes y, por lo tanto, el simbiote podría tener un efecto beneficioso sobre el huésped. Al mismo tiempo, es

probable que se hayan perdido varias vías metabólicas durante la coevolución con los insectos. Por lo tanto, es probable que la bacteria dependa de su huésped para obtener nutrientes.

Aunque las interacciones entre el simbiote y su huésped aún no se comprenden completamente, *Symbiodolus* tiene el potencial de proporcionar información valiosa sobre la naturaleza de las relaciones simbióticas entre insectos y bacterias. "Si podemos mostrar cómo *Symbiodolus* evade el sistema inmunológico de su huésped, invade las células y se transmite a la descendencia, y comparar estas estrategias con las de otras bacterias, podemos comprender mejor cómo las bacterias pueden formar asociaciones duraderas con los insectos", explica Martin Kaltenpoth, líder del estudio. "Este sería un paso importante hacia la comprensión de los orígenes evolutivos y el éxito de las simbiosis entre insectos y microorganismos, y cómo estas simbiosis podrían convertirse en una estrategia tan exitosa en la naturaleza".

*The ISME Journal*, wrae099; 14 de junio de 2024; DOI:10.1093/ismejo/wrae099

### Los olores están codificados en anillos en el cerebro de las langostas migratorias

La langosta migratoria *Locusta migratoria* es una plaga que en África y Asia no solo causa daños por valor de millones de dólares, sino que también tiene un impacto mortal en la población local, amenazando su alimentación y su propia existencia. Las langostas se presentan en dos fases: como animales solitarios y en enjambres. Los insectos son más temidos cuando aparecen en grandes enjambres y destruyen cosechas enteras.

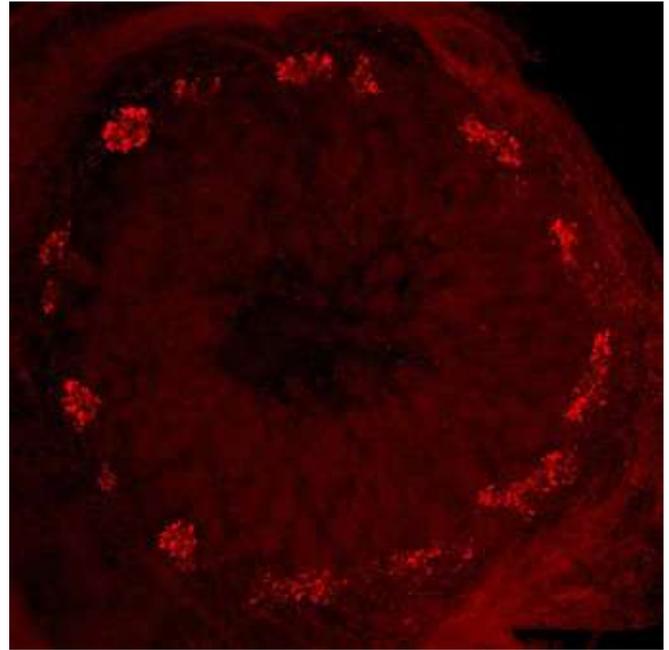
Las langostas migratorias se diferencian de otros insectos en la estructura anatómica de su cerebro olfativo, el lóbulo antenal, que recibe y procesa la información olfativa de la antena. El lóbulo antenal de la langosta tiene una arquitectura neuronal única y poco convencional con más de 2000 unidades olfativas funcionales esféricas, los glomérulos, mientras que la mayoría de los otros insectos tienen solo entre 20 y 300 glomérulos en el lóbulo antenal.

Los científicos del Instituto Max Planck de Ecología Química en Jena están interesados en cómo los

insectos perciben los olores y los procesan en sus cerebros. Pero, sobre todo, quieren saber cómo afecta la percepción del olor a su comportamiento. "Nuestro objetivo era resolver el rompecabezas de larga data de cómo se codifican los olores en la población extremadamente grande de glomérulos, las unidades estructurales y funcionales en el lóbulo antenal de las langostas migratorias. Esta arquitectura altamente compleja del lóbulo de la antena de la langosta se ha observado durante décadas, pero los mecanismos subyacentes de la codificación del olor han seguido siendo un misterio debido a la falta de métodos adecuados", dice Xingcong Jiang, primer autor del estudio.

La introducción del método CRISPR/Cas9 representó un gran avance metodológico para los investigadores, ya que permitió el establecimiento de las primeras langostas migratorias transgénicas que expresan el sensor de calcio codificado genéticamente GCaMP en neuronas sensoriales olfativas. GCaMP es una proteína que emite fluorescencia cuando se une al calcio, que se libera en las células cuando están activas. Utilizando imágenes funcionales de calcio de 2 fotones, los científicos pudieron medir y mapear los patrones de activación espacial de un amplio espectro de olores ecológicamente relevantes en las seis etapas de desarrollo de la langosta migratoria.

"Nuestros resultados revelan una organización funcional inusual en forma de anillo del lóbulo antenal que consiste en grupos glomerulares específicos. Esta disposición glomerular, que pudimos confirmar mediante la expresión genética dirigida de un receptor olfativo bien caracterizado, está presente durante todo el desarrollo, y el patrón de codificación olfativa dentro de la población glomerular es consistente en todas las etapas de desarrollo, desde la primera etapa de ninfa hasta la langosta adulta", resume Silke Sachse, jefa del Grupo de Investigación de Codificación Olfativa del Instituto Max Planck. La transformación genética fue un gran desafío para los investigadores. Como hay que estudiar muchos parámetros, el proceso fue muy lento. El volumen cerebral inusualmente grande de la langosta también dificultó la captura y el análisis de datos de imágenes. "Somos el primer grupo en el mundo en aplicar con éxito el método de knock-in específico del sitio a las langostas. Sabemos por la literatura que la tasa de éxito de este tipo de transgénesis es muy baja, pero lo hemos logrado", dice Xingcong Jiang.



*La imagen transversal del lóbulo antenal muestra la disposición glomerular en forma de anillo en la región periférica del lóbulo antenal de una *Locusta migratoria* © Xingcong Jiang y Veit Grabe, IMP de Ecología Química*

Curiosamente, la codificación espacial de los olores en el lóbulo antenal de la langosta refleja la estructura química de los olores en lugar de su valencia, ya sea agradable o repulsiva, a diferencia de las moscas, por ejemplo, donde la valencia de los olores ya está representada en el lóbulo antenal, con olores agradables que activan estructuras diferentes a las desagradables. "Hemos observado que los olores de ciertas clases químicas evocan un cierto patrón: por ejemplo, los compuestos aromáticos con una estructura química similar pero con un significado conductual opuesto evocan respuestas más fuertes en las regiones periféricas del lóbulo antenal. Concluimos que la representación de la valencia del olor no está codificada en el lóbulo antenal, sino en los centros cerebrales superiores, como el cuerpo del hongo y el cuerno lateral", dice Bill Hansson, director del Departamento de Neuroetología Evolutiva y uno de los autores principales.

La estructura anillar del código olfativo es una característica anatómica única de la langosta migratoria. Sin embargo, este mecanismo de codificación no es necesariamente transferible a otras especies de langostas. "Nos preguntamos si esta estructura en forma de anillo es una peor alternativa o una mejor solución con ventajas sobre la disposición glomerular que encontramos en las moscas. Los

estudios futuros que investiguen las reglas de codificación de olores en otras especies de insectos mostrarán si otras especies de langostas han desarrollado un patrón de codificación similar", dice Silke Sachse, quien ya tiene más estudios en mente.

La forma en que los insectos perciben y procesan los olores y cómo la percepción de los olores afecta en última instancia a su comportamiento es importante para una comprensión más profunda de las interacciones ecológicas de los insectos con su entorno. Esto puede, por ejemplo, ayudar a optimizar el control de plagas de los cultivos, como las langostas migratorias.

*Cell; 18 de junio de 2024; DOI:10.1016/j.cell.2024.05.036*

---

## Institutos Max Planck

---

Como cada mes, les acercamos una presentación de tres Institutos Max Planck.

### **Instituto Max Planck para la Investigación de Polímeros**, Maguncia.

La electrónica de polímeros posibilita aplicaciones como microchips y sensores en la ropa como el uso de células solares en el techo de una carpa. Los científicos del Instituto Max Planck para la Investigación de Polímeros en Maguncia buscan polímeros conductores adecuados para este tipo de aplicaciones. Sin embargo, esto no es todo lo que hacen: investigan los polímeros en todas sus diferentes facetas: su producción, sus propiedades físicas y sus aplicaciones. Esto se debe a que los polímeros son cada vez más importantes como materiales, no solo para productos electrónicos flexibles y de bajo costo, sino también, por ejemplo, como cápsulas diminutas que pueden contener medicamentos que luego se pueden transportar específicamente al área afectada por la enfermedad. Además, los investigadores están desarrollando nuevos procedimientos para investigar espectrográficamente los polímeros y simular su comportamiento en el ordenador. También trabajan con materia blanda, que, al igual que las gomas de vino, combina las propiedades de los cuerpos sólidos y líquidos.

Los temas de investigación del Instituto se dividen en seis grandes grupos:

Ingeniería de defectos  
Desafíos multiescala  
Proteínas en las interfaces  
Fenómenos de no equilibrio en la materia blanda  
Nanomateriales en Medicina y  
Agua en las interfaces.

Este instituto no cuenta con la Escuela Internacional de Investigación Max Planck (IMPRS).

### **Instituto Max Planck para el Estudio de las Sociedades**, Colonia

El Instituto Max Planck para el Estudio de las Sociedades lleva a cabo investigación básica sobre el gobierno de las sociedades modernas. Su objetivo es desarrollar una teoría empírica de los fundamentos sociales y políticos de las economías modernas mediante la investigación de la interrelación entre la acción económica, social y política. Utilizando una variedad de enfoques y métodos de investigación, examina cómo los mercados y las organizaciones empresariales están integrados en marcos históricos, institucionales, políticos y culturales, cómo se desarrollan y cómo sus contextos sociales cambian con el tiempo. El Instituto busca construir un puente entre la teoría y la política y contribuir al debate político sobre los principales desafíos que enfrentan las sociedades modernas.

El MPIfG es una de las mayores instituciones de investigación en ciencias sociales de Alemania. Es considerado internacionalmente como uno de los mejores institutos de investigación en ciencias sociales. La reputación de sus investigadores, el entorno atractivo que ofrece el Instituto para los investigadores visitantes y su capacidad para atraer a estudiantes de doctorado de gran talento de todo el mundo son prueba de su impacto significativo y de gran alcance. Los acuerdos de cooperación con las principales instituciones de investigación en diferentes partes del mundo juegan un papel clave para la posición internacional del Instituto.

El Instituto Max Planck para el Estudio de las Sociedades cuenta con una Escuela Internacional de Investigación Max Planck (IMPRS):

## IMPRS sobre la Constitución Social y Política de la Economía

Actualmente funciona en colaboración con la Universidad Central de Santiago de Chile, el grupo partner "La Economía y la gente" liderado por el Ing. Felipe Gonzalez.

### **Instituto Max Planck de Geoantropología, Jena**

Un desafío definitorio de la ciencia del futuro es integrar los hallazgos de diferentes disciplinas sobre los problemas humanos apremiantes del cambio climático, la crisis de la biodiversidad, la sobreexplotación de los recursos naturales y la persistencia sostenible de las comunidades humanas. Es en la intersección de estos temas donde entra en juego el Instituto Max Planck de Geoantropología.

A través de enfoques interpretativos y basados en modelos, el instituto examina las dinámicas y dilemas fundamentales que han provocado las múltiples crisis del "Antropoceno", la época geológica propuesta por la humanidad, y explora sus condiciones mutuas.

La geoantropología explora las condiciones concretas creadas por el hombre de la desestabilización progresiva del sistema de la Tierra, las interacciones sistémicas entre la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera y la biosfera con la tecnosfera recién surgida, los posibles elementos de inflexión en este sistema general y, en consecuencia, los límites de la capacidad de carga socioecológica y los tiempos de respuesta socioeconómicos y culturales resultantes.

El instituto lleva a cabo proyectos de investigación interdisciplinarios, por ejemplo, sobre la urbanización planetaria, el sistema alimentario mundial, los flujos mundiales de materiales, energía e información, y la dinámica de los seres humanos y los ecosistemas, y tiene como objetivo proporcionar un servicio de síntesis colaborativo en el que se reúnan, modelen e interpreten datos y conocimientos especializados de diversas subdisciplinas, como la investigación sobre el clima, la investigación sobre la biodiversidad y las ciencias sociales (modelo central).

Los temas de investigación en el instituto van desde el pasado profundo hasta el futuro profundo:

¿Cómo impulsó la humanidad la aparición del Antropoceno?

¿Cómo interactúan los seres humanos y el sistema de la Tierra en términos de límites del sistema, umbrales, bucles de retroalimentación, puntos de inflexión, dependencias de caminos, transgresiones, sinergias y barreras estructurales para la sostenibilidad?

¿Cuáles son las oportunidades y los riesgos asociados, incluido el posible colapso de los sistemas ecológicos y sociotécnicos?

El Instituto Max Planck de Geoantropología cuenta con una Escuela Internacional de Investigación Max Planck (IMPRS):

## IMPRS para la Ciencia de la Historia Humana