

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

Abril 2011 InvestigacionyCiencia.es

Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

ANTIGUO EGIPTO

La noción
del tiempo

BIOLOGÍA

El interior
del genoma

ACUICULTURA

Revolución
azul en los
océanos

FÍSICA

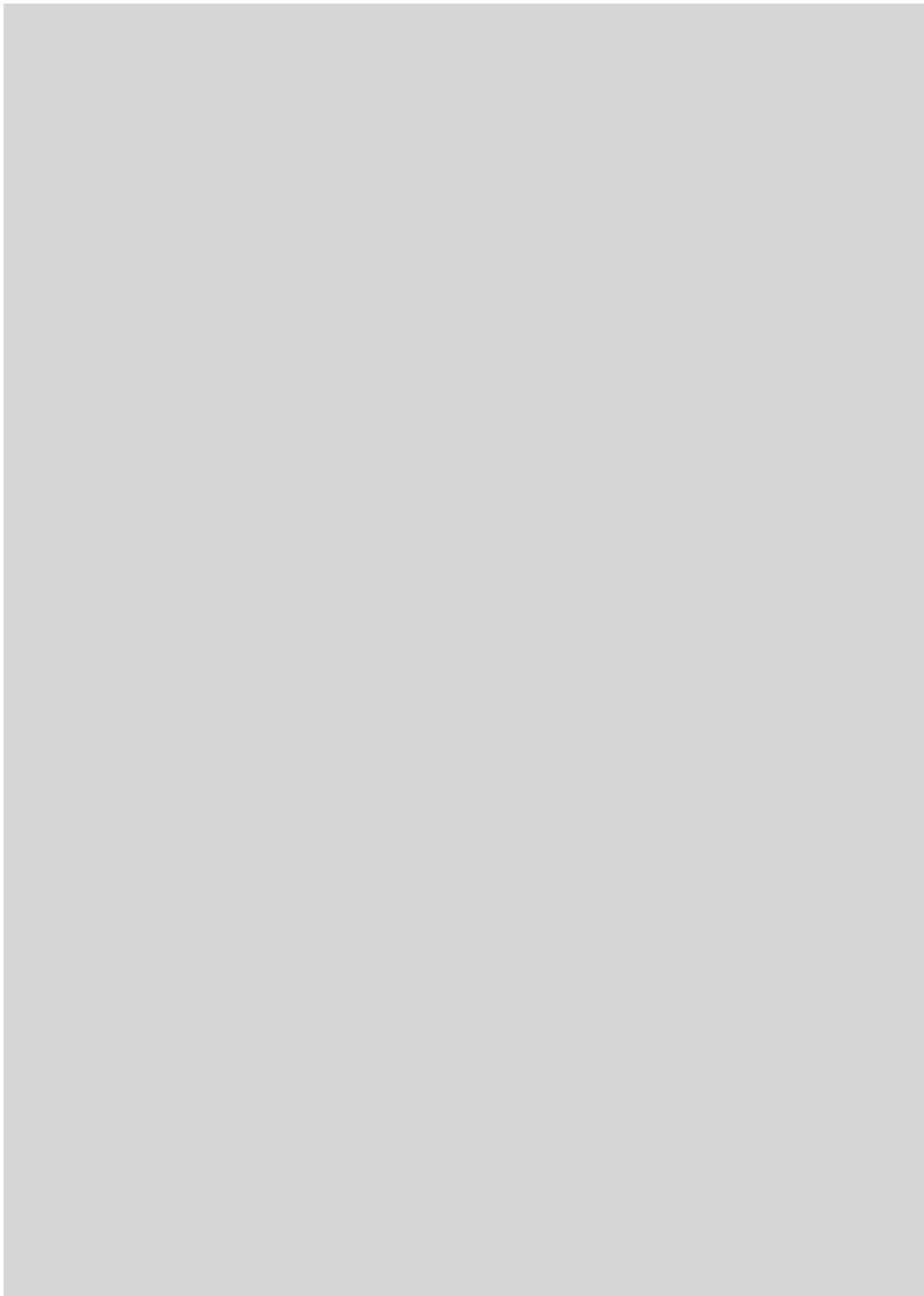
¿Qué veremos
en el LHC?

Combatir la obesidad

Metabolismo, dieta
y factores psicosociales



6,00 EUROS



ARTÍCULOS

SOSTENIBILIDAD

16 **La revolución azul**

Nuevas piscifactorías en el mar abierto e instalaciones costeras de bajo impacto ambiental pueden ofrecer al mundo gran parte del suministro proteico. *Por Sarah Simpson*

SALUD

25 **Combatir la obesidad**

La ciencia ha ahondado en los procesos metabólicos que influyen en nuestro peso, pero la clave del éxito puede residir en otro lugar. *Por David H. Freedman*

ANTROPOLOGÍA

34 **Las dos caras del tiempo**

En el antiguo Egipto no se percibía el tiempo como una magnitud ordenada que transcurría hacia el futuro, sino como un fenómeno dotado de dos aspectos: la repetición cíclica y la duración eterna. *Por Jan Assmann*

PSICOLOGÍA COGNITIVA

40 **Lenguaje y pensamiento**

El idioma que hablamos afecta a nuestra percepción del mundo. *Por Lera Boroditsky*

BIOQUÍMICA

50 **Flores fluorescentes**

La combinación de ciertos pigmentos vegetales genera en las flores patrones de fluorescencia que podrían operar a modo de señal para los polinizadores. *Por F. García Carmona, F. Gandía Herrero y J. Escribano*

ESPACIO

58 **Satélites para todos**

Diminutas cápsulas espaciales ponen la experimentación en órbita al alcance de los grupos de investigación más modestos. *Por Alex Soojung-Kim Pang y Bob Twiggs*

ECOLOGÍA

64 **Amigo de las invasoras**

Muchas especies invasoras no suponen una amenaza tan grande como algunos creen, según el ecólogo Mark Davis. *Entrevista de Brendan Borrell*

ALTAS ENERGÍAS

68 **Viaje a la escala electrodébil**

Por qué el Gran Colisionador de Hadrones del CERN deberá encontrar nueva física. *Por Martin Gorbahn y Georg Raffelt*

NEUROPRÓTESIS

78 **Una mente extracorpórea**

En este extracto de su nuevo libro, uno de los padres de la neuroprótesis vaticina un futuro en el que el control de ordenadores a través de ondas cerebrales permitirá caminar a los discapacitados y unir mentes en consciencias colectivas. *Por Miguel A. L. Nicolelis*

BIOLOGÍA

82 **La vida interior del genoma**

La forma en que los genes se organizan y desplazan en el núcleo celular determina en gran medida el funcionamiento de los mismos, sea este normal o patológico. *Por Tom Misteli*

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

SECCIONES

3 Cartas de los lectores

4 Apuntes

Atravesar la barrera hematoencefálica. Obesidad animal. Estación de nacimiento y salud mental. Aparenta 11 años, pero tiene 2500. Diversidad olfativa y evolución. Nuevas formas del carbono. Mientras dormimos. Una nueva herramienta para la mejora vegetal. Muerte por plástico.

5 Agenda

8 Panorama

Grasa parda y obesidad. *Por F. Villarroya, R. Iglesias y M. Giralt*
Islas de recursos. *Por Y. Perroni y C. Montaña*
La edad de las enanas blancas. *Por Enrique García Berro*
Mares silenciosos. *Por Mark Fischetti*
Aminoácidos sintéticos. *Por María Marta García Alai*
Un final explosivo. *Por Kate Wong*

44 De cerca

La toxicidad de *Ostreopsis*. *Por Magda Vila y José M. Franco*

46 Historia de la ciencia

Ganot, Rey. *Por Josep Simon*

48 Foro científico

¿Se acabaron los genios? *Por Agustí Lledós*

90 Curiosidades de la física

Tan rápido, tan alto, tan fuerte. *Por Jean-Michel Courty y Édouard Kierlik*

92 Juegos matemáticos

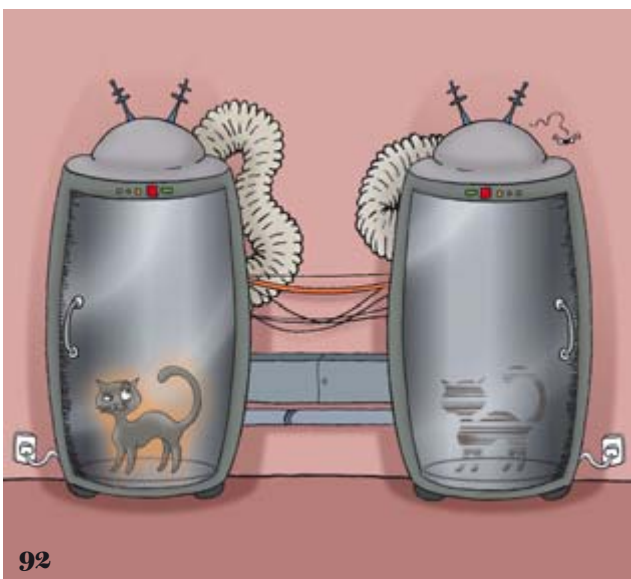
Teletransportes y trasplantes. *Por Agustín Rayo*

94 Libros

Biolingüística. *Por Luis Alonso*
Ciencia y religión. *Por Agustín Udías Vallina*

96 Hace...

50, 100 y 150 años.



EN PORTADA

De seguir la tendencia actual, el exceso de peso superará al tabaquismo como causa principal de muerte evitable en EE.UU. Los expertos en salud a menudo pasan por alto la mejor estrategia a corto plazo para terminar con la epidemia de obesidad: los métodos de modificación de la conducta han cambiado los hábitos alimentarios y de ejercicio físico de muchas personas. Ilustración de Bryan Christie.





Enero 2011



Marzo 2011

CAMBIO CLIMÁTICO Y ESCEPTICISMO

«Escépticos frente a ortodoxos», de Michael D. Lemonick [INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, enero de 2011], parece adolecer de un error bastante común. Al referirse a los escépticos del cambio climático, el autor tiende a evitar cualquier distinción entre escepticismo y negacionismo. Al mismo tiempo, enfatiza la rigidez de algunos de los pertenecientes a la corriente mayoritaria. Semejante panorama es injusto para los defensores honestos de ambas posturas. Calificar de «escépticos» a todos los que discrepan con la opinión generalizada equivale a llamar «crédulos» a la mayoría de los climatólogos.

El verdadero escepticismo (no el sesgo intratable que caracteriza al negacionismo) es de importancia fundamental para el método científico. Si existe una palabra para calificar la actitud de la climatología durante estos últimos años de hostilidad por parte de las políticas públicas, yo diría que es el escepticismo.

Con independencia de su postura frente a un asunto o su inclinación hacia una conclusión u otra, un escéptico siempre acabará allí donde le conduzcan las pruebas. Por el contrario, un negacionista solo interpretará los mismos indicios en la medida en que le sirvan para apoyar una conclusión ya tomada de antemano. En una época en la que abundan las informaciones erróneas y el analfabetismo científico, tanto científicos como periodistas deberían esforzarse en todo

momento por distinguir entre ambas posturas.

DOM STASI
Studio City, California

RESPONDE LEMONICK: *Quienes no aceptan el consenso científico general sobre el cambio climático abarcan un amplio espectro, desde aquellos que mantienen discrepancias legítimas sobre algunos detalles hasta quienes distorsionan los hechos, o quienes afirman que todo obedece a una conspiración socialista (o a una estafa para ganar dinero). Desde luego, es incorrecto meter a todos en un mismo saco. Aunque el propósito de mi artículo no consistía en distinguir entre las diferentes categorías, espero no haber provocado la impresión de que el escepticismo y el negacionismo constituyen actitudes equivalentes. Admito que el verdadero escepticismo es parte integrante de la metodología científica, pero creo haber insistido en que también lo practican quienes aceptan el consenso, no solo quienes lo rechazan.*

EVOLUCIÓN Y CÓPULA

En el artículo «Origen de la copulación» [INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, marzo de 2011], John A. Long sitúa el origen de la fecundación interna entre los vertebrados hace 375 millones de años. En los invertebrados, sin embargo, ya existían otras líneas evolutivas que habrían desarrollado mucho antes la cópula, la fecundación interna y el viviparismo. En algunos onicóforos, o gusanos aterciopelados, podemos encontrar estos tres fenómenos biológicos. Según algunas fuentes, estos gusanos habrían estado entre los primeros animales que se adaptaron al medio terrestre (donde solo es posible la fecundación interna) millones de años antes de que los placodermos habitaran los mares devónicos.

Por otro lado, me gustaría saber qué características se observaron en el microscopio electrónico de barrido para permitir la identificación del supuesto cordón umbilical fósil. ¿No podría haber sido otra cosa? ¿Por qué no?

Por último, según las investigaciones del autor, el origen de la copulación en los vertebrados coincide con la aparición de la mandíbula. Junto con la observación del comportamiento del tiburón cotalero ñato, ¿es suficiente esta coincidencia para apoyar la hipótesis de que la

mandíbula evolucionó para sujetar a la hembra durante la cópula? ¿Por qué? ¿Qué aspectos podría haber en contra de esta hipótesis?

FRANCISCO J. DEL REY OLEGARIO
Alcalá de los Gazules, Cádiz

RESPONDE LONG: *Es cierto que la copulación es un fenómeno existente en un gran número de invertebrados. Sin embargo, como se menciona en el artículo, nuestros resultados solo se referían al caso más antiguo documentado de fecundación interna entre los vertebrados. En los invertebrados no existe ninguna prueba fósil sobre sus hábitos sexuales, por lo que solo pueden hacerse conjeturas sobre su comportamiento.*

Con respecto a la identificación del cordón umbilical, las imágenes del microscopio electrónico de barrido mostraron la existencia de vesículas, puntos de unión para ligamentos (appendiculae) y un epitelio externo. Además, terminaba en una cavidad que bien pudo haber alojado un saco vitelino. Los detalles son complejos, pero el lector puede consultarlos en nuestra publicación original en el número de la revista Nature del 29 de mayo de 2008 [Long et al., vol. 453]. Ninguno de los revisores del artículo puso en duda que se tratase de una estructura umbilical (placentaria) fosilizada, ya que se sabe que los Placodermos de Gogo preservan otros tejidos blandos en estado fósil, como tejido muscular o nervioso (el lector puede consultar Trinajstić et al. en Biology Letters vol. 3, abril de 2007).

Por último, las mandíbulas y las aletas pélvicas se dieron por primera vez entre los Placodermos, por lo que sabemos que aparecieron juntas. La hipótesis de que la mandíbula evolucionase para asistir durante el apareamiento constituye solo una propuesta especulativa. Por supuesto, no existe prueba alguna de ello.

CARTAS DE LOS LECTORES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA agradece la opinión de sus lectores. Le animamos a enviar sus comentarios a:

PRENSA CIENTÍFICA, S.A.
Muntaner 339, Pral. 1º, 08021 BARCELONA
o a la dirección de correo electrónico:
redaccion@investigacionyciencia.es

La longitud de las cartas no deberá exceder los 2000 caracteres, espacios incluidos. INVESTIGACIÓN Y CIENCIA se reserva el derecho a resumirlas por cuestiones de espacio o claridad. No se garantiza la respuesta a todas las cartas publicadas.

Apuntes

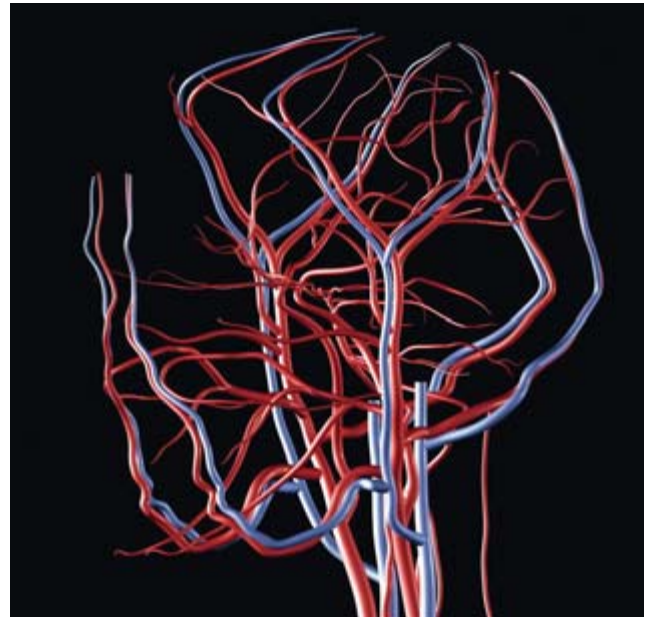
NEUROLOGÍA

Atravesar la barrera hematoencefálica

La **barrera hematoencefálica**, una densa capa de células estrechamente unidas que recubren los capilares del cerebro como si de un regimiento de infantería se tratara, siempre ha constituido un obstáculo para la neurología. Si bien es cierto que esta línea de defensa protege al cerebro de cualquier sustancia potencialmente dañina, también impide el paso de la mayoría de los medicamentos. Desde hace decenios se ha intentado suprimir la barrera durante el tiempo suficiente para que los fármacos contra el alzhéimer, el párkinson o los tumores la atraviesen. Ahora, los investigadores afirman haber realizado algún avance.

El nuevo método utiliza microburbujas, pequeñas burbujas formadas a partir de un gas rodeado por una rígida celda de lípidos. Diversos científicos de Harvard, el Instituto Tecnológico de Massachusetts, Columbia y otras instituciones están desarrollando formas de inyectar las burbujas en el torrente sanguíneo y guiarlas mediante ultrasonidos hacia la barrera hematoencefálica. Después, las burbujas abren la barrera en puntos específicos indicados por el rayo de ultrasonidos. Una vez rota la barrera, se inyectan en el paciente nanopartículas recubiertas por medicamento y dotadas de carga magnética; se utilizan luego rayos de resonancia magnética para guiarlas hacia el lugar necesario. Hasta el momento, los estudios en roedores han demostrado que el empleo de ultrasonidos y microburbujas aumenta hasta el 20 por ciento la cantidad de medicamento antitumoral o contra el alzhéimer que alcanza el cerebro.

Las microburbujas constituyen solo la última y más prometedora de las ideas recientes que buscan resolver el problema



de la barrera hematoencefálica. Otros proyectos contemplan la inserción de un catéter en los capilares del cerebro y el diseño de una serie de medicamentos que «engañen» al cerebro para poder acceder a él.

Parece que las microburbujas resultan menos invasivas y más eficientes que otras soluciones. Sin embargo, todavía deben superarse algunas dificultades. La principal consiste en aumentar la intensidad de los ultrasonidos para que la técnica funcione en humanos sin provocar daños en sus tejidos.

—Jeneen Interlandi

BIOESTADÍSTICA

Obesidad animal

Cuando engordamos, solemos echar las culpas a la dieta y a la falta de ejercicio. Sin embargo, los monos titíes y los macacos de un laboratorio de Madison han venido engordando desde 1982, a pesar de haber seguido la misma dieta y la misma actividad física desde entonces. David B. Allison, bioestadístico de la Universidad de Alabama en Birmingham, opina que la causa podría deberse a factores ambientales. Junto a otros colaboradores, estudió los cambios de peso de unos 20.000 animales, desde primates y cobayas empleados en investigación hasta perros y gatos domésticos o ratas urbanas. Registraron el cambio de peso que los animales habían experimentado en una década, así como su probabilidad de padecer obesidad. Ambas cifras mostraron una fuerte tendencia al alza. Los chimpancés engordaron un 33,6 por ciento en diez años; los ratones, un 12,46 por ciento.



Como causa, Allison apunta a determinados factores, como algunas toxinas presentes en el agua potable y que afectan al sistema endocrino o ciertos patógenos que alteran el metabolismo de los mamíferos. Otros afirman que los datos podrían obedecer a cambios en la dieta y en el ejercicio, quizá provocados por un aumento en el número de animales de laboratorio que se guardan en la misma jaula. Allison concede que las condiciones de vida podrían influir en el metabolismo, pero insiste en que también los humanos viven cada vez más aglomerados. Es justo la clase de novedad que atribuye a sus resultados. «Si la densidad de individuos en una jaula afecta al peso de los animales, quizá la densidad de viviendas también afecte al peso corporal de las personas», afirma.

—Alla Katsnelson
Nature

LONDON, ENGLAND/FOTOLIA (arterias y venas del cerebro); LORI ADAMSKI (PEEK)/GETTY IMAGES (gato)

BIOLOGÍA

Estación de nacimiento y salud mental

Varios estudios recientes indican que los bebés nacidos en invierno tienen más probabilidades que los nacidos en verano de desarrollar enfermedades como la esquizofrenia, la depresión o el trastorno afectivo estacional. Uno de los estudios ayudaría a explicar la causa de esta diferencia: la cantidad de luz diurna a la que se exponen los ratones recién nacidos determina el funcionamiento, a lo largo de la vida, de algunos genes clave relacionados con el reloj biológico.

Un grupo de investigadores de la Universidad Vanderbilt y de la Universidad de Alabama en Birmingham crió a dos grupos de ratones: en uno de ellos simuló las condiciones de invierno, con ocho horas de luz solar al día, y en el otro las de verano, con dieciséis horas de luz solar al día. Después, durante otras cuatro semanas, se sometió a los grupos bien a la misma pauta o bien a la opuesta. En comparación con los ratones «de verano», los genes del reloj biológico de los ratones «de invierno» se activaban durante períodos más cortos, sin importar la longitud de los días después del destete de los animales. Los ratones de invierno también se mostraban más activos por la

noche, de forma similar a lo que sucede en los pacientes con trastorno afectivo estacional, lo que indicaba que sus relojes biológicos no se ajustaban a la hora del día en que se hallaban. Pero no hay que precipitarse a comprar una lámpara de rayos UV para la habitación del bebé: los investigadores aún no han determinado los efectos de las señales estacionales en los humanos.

—Melinda Wenner Moyer



ARQUEOLOGÍA

Aparenta 11 años, pero tiene 2500

El ADN de una tumba hallada en Atenas a mediados de la década de los noventa ayudó a identificar a la fiebre tifoidea como una posible causa de la plaga que, en el siglo V a.C., acabó con un cuarto de la población de la ciudad. Manolis Papagrigrakis, el ortodontista de la Universidad de Atenas que publicó el descubrimiento en 2006, ha ayudado ahora a restaurar el cráneo de una niña de once años encontrado en la misma tumba. El rostro de la pequeña, conocida como Myrtis, formó parte de la exposición *Myrtis: cara a cara con el pasado*, celebrada en el Museo Arqueológico de Tesalónica. Su reconstrucción es la primera de un habitante común de la Grecia antigua. Los detalles se publicaron



en el número de enero de la revista *Angle Orthodontist*.

Papagrigrakis trabajó con Oscar Nilsson, experto en reconstrucciones faciales, quien aplicó una técnica utilizada a menudo en la investigación forense y en la que se procede de músculo a músculo. El cráneo constituyó el andamiaje para muchos de los rasgos de la niña; sus dientes guiaron la forma de los labios. A Richard Neave, que reconstruyó a Filipo II, padre de Alejandro Magno, suelen preguntarle qué aspecto tenía la gente de la antigüedad. Según Neave, Myrtis muestra al mundo que la gente no ha cambiado.

—Alison McCook

CONFERENCIAS

8 de abril – Jornada

Matemáticas y Química

Universidad de Sevilla
Sevilla

www.imus.us.es/ACT/RSME-RSEQ-2011

14 de abril – Seminario

Formación estelar

Mayra Osorio (IAA-CSIC)
Instituto de Astrofísica de Andalucía
Granada

www.iaa.es/seminarios

14 de abril

Reconocimiento molecular con receptores biológicos

François Diederich, Instituto Politécnico Federal Suizo en Zúrich
Fundación BBVA

Bilbao

www.cicbiogune.es/qys

EXPOSICIONES

Dinosaurios.

Tesoros del desierto de Gobi

Cosmocaixa

Barcelona

www.obrasocial.lacaixa.es

Hasta el 30 de abril

Biodiversidad española

Fotografías de Antonio Atienza
Foro de la Biodiversidad
Sevilla

www.biodiversidadespañola.com

El asombro de Mr. Darwin

Casa de las Ciencias

La Coruña

www.misterdarwin.eu

OTROS

Del 5 al 7 de abril – Feria

Investigación en directo

Organiza: Parque Científico de Barcelona

La Pedrera

Barcelona

www.pcb.ub.edu/homePCB/live/ct/p1826.asp



GENÉTICA

Diversidad olfativa y evolución

Se sabe desde hace tiempo que los humanos percibimos los olores de manera diferente. Ahora, varios estudios a gran escala han demostrado que tal diversidad es aún mayor de lo que se pensaba: las personas percibiríamos de un modo distinto la mayoría de los olores, si no la totalidad de ellos. Además, para muchos de nosotros existe al menos un aroma imposible de detectar. «El mundo olfativo de cada persona es un mundo único y privado», afirma Andreas Keller, genetista de la Universidad Rockefeller.

Durante el proceso evolutivo —y en parte debido a que los humanos fueron apoyándose cada vez más en la visión en detrimento del olfato— los genes que codifican nuestros aproximadamente 400 receptores olfativos comenzaron a acumular mutaciones. Doron Lancet, genetista del Instituto Científico Weizmann de Rehovot, en Israel, apunta que una vez que un gen ha acumulado un número determinado de mutaciones se

convierte en «pseudogén»: deja de codificar receptores operativos. Personas diferentes poseen combinaciones distintas de pseudogenes. «Al final es como si cada individuo portase un código de barras ligeramente distinto al de los demás», afirma Lancet.

Esas modificaciones genéticas parecen originar variaciones en el comportamiento. Cuando Keller y sus colaboradores pidieron a 500 personas que clasificasen 66 olores según su intensidad y agrado, las respuestas abarcaron todas las posibles valoraciones: desde débil hasta intenso y desde agradable hasta desagradable. En un estudio en la Universidad de Dresde, Thomas Hummel y sus colaboradores hicieron pruebas a 1500 jóvenes con 20 aromas diferentes. Hallaron insensibilidades específicas a todos los olores menos uno: la citralva, con olor a cítrico. Keller concluye que quizá todo el mundo tenga su propio «punto ciego» olfativo.

—Laura Spinney



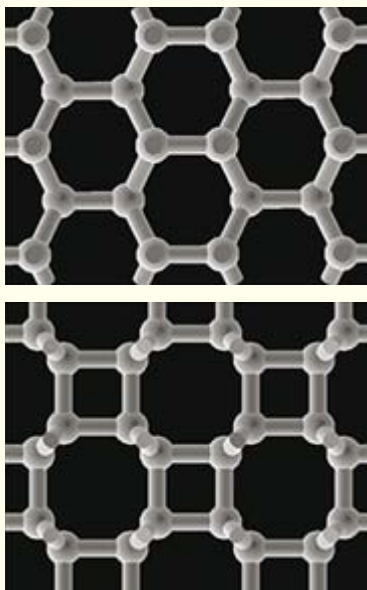
MATERIALES

Nuevas formas del carbono

El carbono puro puede adoptar las formas más diversas: el diamante, los nanotubos de carbono o el grafeno, por ejemplo, poseen unas características fisicoquímicas únicas. Por si fuera poco, cada vez hay más indicios que apuntan a la existencia de otra estructura cristalina que añadir al catálogo de maravillas del carbono.

La nueva variedad fue observada por vez primera en 2003. Ese año, un grupo de investigadores aplicó sobre una muestra de grafito una presión elevada a temperatura ambiente. Al sufrir la compresión, el grafito, que se compone de capas de átomos de carbono apiladas unas sobre otras, comenzó a asumir una forma desconocida: un híbrido entre la configuración del grafeno y la del diamante. Sin embargo, la naturaleza exacta de esta nueva forma del carbono aún se desconoce.

Dos simulaciones por ordenador recientes sugirieron que el grafito comprimido en frío quizá contuviese cristales de una estructura denominada tetragonal



centrada en el cuerpo (bct, por sus siglas en inglés), además de otro tipo llamado carbono-M. En la estructura bct, grupos de cuatro átomos se disponen en cuadrados, los cuales se apilan de tal manera que cada uno de ellos forma enlaces químicos con cuatro cuadrados de la capa superior y otros cuatro de la capa inferior. Un equipo de investigadores dirigido por Hui-Tian Wang, de la Universidad Nankai de Tianjin, en China, mostró que, durante la compresión en frío, la transición al carbono bct libera energía. Ello apunta a que dicha transición podría ocurrir en el mundo real.

En otra simulación de un equipo japonés y norteamericano, el carbono bct producía patrones de difracción de rayos X similares a los que se vieron en el año 2003. Wendy L. Mao, de la Universidad de Stanford y participante del descubrimiento de 2003, afirma que la correspondencia entre la simulación y el experimento era bastante buena. Pero, a pesar de todos estos indicios, determinar si el carbono bct existe o y si puede ser sintetizado en estado puro es aún una tarea pendiente para los físicos experimentales.

—Davide Castelvichi

STEVE LEWIS/GETTY IMAGES (arriba); DE «AB INITIO STUDY OF THE FORMATION OF TRANSPARENT CARBON UNDER PRESSURE», POR XIANG-FENG ZHOU ET AL., EN PHYSICAL REVIEW B, VOL. 82, N.º 13, 29 DE OCTUBRE DE 2010 (bct)

Mientras dormimos

Los beneficios del sueño resultan obvios para todos. Aun así, los expertos llevan años debatiendo acerca de qué procesos neuronales mejoran el rendimiento del cerebro durante el sueño. Hay quien defiende que, al dormir, se reducen las conexiones sin importancia entre neuronas y se evita así una sobrecarga del cerebro. Otros, por el contrario, afirman que el sueño consolida los recuerdos del día anterior.

Hace unos meses, un grupo de investigadores decidió estudiar el caso del pez cebra, un pez translúcido común en muchos acuarios domésticos. Al igual que los humanos, el pez cebra permanece activo durante el día y duerme por la noche. A diferencia de nosotros, sus larvas son transparentes, lo que permite monitorizar su cerebro mientras duerme. Lior Appelbaum y Philippe Mourrain, de la Universidad de Stanford, y sus colaboradores marcaron las neuronas de las larvas con un tinte que coloreaba de verde las células activas y de negro las pasivas. Una actividad neuronal reducida mostraría que se suprimían conexiones superfluas, mientras que un proceso de consolidación de recuerdos dejaría un patrón diferente.

El equipo halló que la actividad neuronal del pez cebra disminuía durante el sueño. Los resultados, publicados en *Neuron*, muestran por primera vez los efectos que los ciclos de sueño y el momento del día ejercen sobre las sinapsis de un vertebrado vivo. Según Mourrain: «El sueño es un proceso activo que reduce la actividad en el cerebro y permite que este se recupere de sus experiencias pasadas». Sin esa disminución de las sinapsis, el cerebro no podría continuar recibiendo y almacenando nueva información.

El debate no está cerrado, sin embargo. Los investigadores hallaron también que no todos los circuitos neuronales se veían afectados de la misma forma: Mourrain indica que el aprendizaje y la memoria podrían resultar los más beneficiados. Según Jan Born, neurocientífico de la Universidad de Lübeck, puede que ambas hipótesis no sean mutuamente excluyentes. Quizá la solución no se encuentre muy lejos. En los próximos años, la técnica ideada por Mourrain y Applebaum permitirá realizar estudios más detallados del cerebro durante el sueño.

—Carrie Arnold



Sinapsis en un pez cebra

Una nueva herramienta para la mejora vegetal

Las plantas que sufren esterilidad masculina citoplasmática, una alteración de la producción de polen debida a genes extranucleares de herencia materna, son infértiles. Sin embargo, existen genes nucleares «restauradores de la fertilidad» (RF) que tienen la capacidad de suprimir dicha esterilidad y regenerar la producción de polen viable.

Fruto de la colaboración entre la Universidad de Purdue, la Estación Experimental del Zaidín (CSIC) en Granada y la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, se ha desarrollado una nueva herramienta molecular que facilita el estudio de dichos genes restauradores. El trabajo se publicó en diciembre de 2010 en la revista *PloS ONE*. Consiste en un sistema de nomenclatura unificada que clasifica las proteínas de la familia de RF con independencia del germoplasma o especie



Estructura tridimensional de una proteína del maíz restauradora de la fertilidad.

vegetal de que provengan. El método de clasificación se basa en el genoma de la planta y la caracterización estructural y funcional de las proteínas RF mediante modelización molecular y reconstrucción tridimensional.

Hasta la fecha, los genes de la familia RF se habían clasificado conforme se iban descubriendo y secuenciando, pero sin seguir un criterio unificado ni tener en cuenta su funcionalidad biológica. Ello dificultaba su manejo en el contexto de la genómica funcional comparativa. La nueva herramienta molecular permitirá un progreso más rápido y un mayor desarrollo de la mejora genética de plantas, puesto que facilitará la comprensión del mecanismo y sustrato biológico de la restauración de la fertilidad vegetal.

—José Carlos Jiménez López

¿QUÉ ES ESTO?



Muerte por plástico: Una buena parte de los 260 millones de toneladas de plástico que se usan cada año en el mundo va a parar a los océanos, con el consiguiente peligro para la vida marina. En el Pacífico norte se ha observado una enorme masa de basura flotante, la cual ha sido bautizada como Gran Mancha de Basura del Pacífico. A lo largo de los dos últimos años, el fotógrafo Chris Jordan ha documentado el efecto de los residuos plásticos sobre la fauna y flora del atolón de Midway, al noroeste de las islas Hawai. En esta zona, de unos ocho kilómetros cuadrados, habitan albatros. A menudo, los especímenes adultos confunden residuos de colores con animales marinos y alimentan con ellos a sus crías, con letales consecuencias. «Hay un ave muerta cada diez pasos, en diferentes estados de descomposición», afirma Jordan, que fotografió a los polluelos y los contenidos de sus estómagos: tapones de botellas, encendedores y tapas de botes de especias, entre otros.

—Ann Chin

Grasa parda y obesidad

La activación del tejido adiposo marrón podría ayudar a compensar el desequilibrio metabólico que conduce a la acumulación de peso

La obesidad se ha convertido en una epidemia del siglo XXI, con un aumento masivo de su incidencia en las poblaciones de países desarrollados o en vías de desarrollo, y con graves consecuencias para la salud [véase «Combatir la obesidad», por David H. Freedman, en este mismo número].

La acumulación de peso se debe a un desequilibrio entre la entrada al organismo de calorías (a través de la comida) y el gasto de las mismas. Este desequilibrio que conduce a la obesidad no solo puede deberse a un exceso en la entrada de energía química (sobrealimentación) sino también a un gasto defectuoso de energía metabólica. Investigaciones recientes han demostrado que la actividad de la grasa parda, el tejido que quema calorías para producir calor, podría constituir un factor clave en alteraciones de este segundo proceso determinante de la obesidad, el gasto energético.

La grasa blanca, o normal, se encarga de almacenar grasas. La grasa parda, o tejido adiposo marrón, en cambio, desempeña la función opuesta: quema grasas y carbohidratos para producir calor. Esta función termogénica es importante en el mantenimiento de la temperatura corporal de los mamíferos en ambientes fríos. Los primeros indicios de la implicación de la grasa parda en la obesidad de descubrieron a finales de los años sesenta a partir

de los trabajos de M. Stock y N. Rothwell, entonces en la Universidad de Cambridge. Se observó que, cuando se alimentaba a ratones con una dieta hipercalórica —semejante a la comida «basura» que consumen algunos humanos—, aumentaba de forma notable la cantidad de calorías ingeridas por los animales. No obstante, el grado de aumento de peso no se correspondía con el incremento de las calorías ingeridas. Parecía como si una cierta cantidad de calorías desapareciese. Se hallaban ante un fenómeno de «termogénesis inducida por la dieta».

Hallaron que la grasa parda se hipertrofiaba y sobreactivaba en esos múridos, de manera similar a lo que ocurría en los animales expuestos a un ambiente frío. La capacidad de la grasa parda de disipar la energía metabólica en forma de calor aparecía como un mecanismo de defensa frente a la sobrealimentación, con capacidad de disminuir la acumulación de energía química y, por tanto, de paliar el aumento del peso corporal. Estudios posteriores en animales relacionaron la obesidad de origen genético con una activación defectuosa de la grasa parda.

La capacidad de la grasa parda para generar calor se debe a la existencia de una proteína única en las mitocondrias de las células adiposas de este tejido: la proteína desacoplante UCPI. Esta molécula, ausente en las mitocondrias de los

otros tejidos, tiene la capacidad de permeabilizar la membrana mitocondrial a los protones. De esta forma, la oxidación de metabolitos en la respiración mitocondrial y el bombeo de protones que ello genera no se invierten en la generación de ATP, como en las mitocondrias normales, sino que se disipa en forma de calor.

Tradicionalmente, a tenor de los estudios anatómicos e histológicos clásicos, se pensaba que la grasa parda en humanos se hallaba presente en cantidades significativas solo en la etapa neonatal, sobre todo en las zonas perirrenal y dorsal. Se consideraba que la grasa parda involuociona con la edad y que el humano adulto prácticamente carece de ella, a diferencia de los roedores. ¿Significa eso lo que las observaciones en animales sobre la función clave de la grasa parda en el control de la obesidad podían ser irrelevantes en los humanos adultos? Durante años se ha mantenido esta controversia, aunque la mayoría de los investigadores tendían al escepticismo sobre la función de la grasa parda en los humanos adultos.

También en adultos

No obstante, esa visión ha dado un vuelco espectacular en los últimos años y, como sucede a menudo en ciencia, merced a los trabajos realizados en otro campo de investigación: las nuevas técnicas de imagen para el diagnóstico oncológico. Dentro de estas técnicas, destaca la tomografía de emisión de positrones (TEP). Se basa en utilizar derivados de la glucosa con isótopos que emiten positrones para el rastreo de zonas que consumen niveles elevados de glucosa. Algunos órganos, como el cerebro o el corazón, utilizan muy ávidamente la glucosa de forma natural; en cambio, en otras áreas de menor actividad metabólica, un consumo elevado de glucosa puede ser indicativo de un tumor.

Sucedió que los oncólogos observaban a menudo zonas de alta actividad metabólica, sobre todo en la zona supratóracica, que no correspondían a ningún tumor y que llegaban incluso a enmascarar la posibilidad de discernir en esas zonas puntos tumorales de alta actividad. Resultó ser la presencia de grasa parda activa lo que estaba generando esas «molestas» imágenes de TEP para el diagnóstico oncológico, señales anómalas que disminuían su intensidad si se mantenía al paciente en un ambiente cálido. Los estudios subsiguientes, en inicio casuales, han

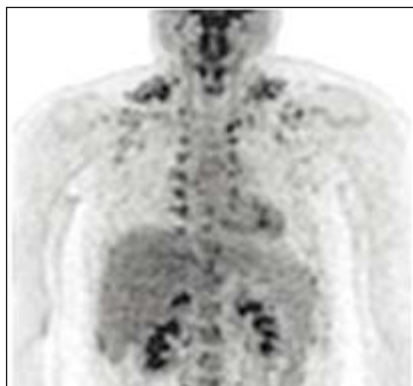


Imagen por tomografía de emisión de positrones de grasa parda activa en un paciente delgado (izquierda) y poco activa en un paciente obeso (derecha). Las áreas principales de actividad de la grasa parda (zonas oscuras) se observan en el cuello, zona supraclavicular y alrededor de las vértebras.

dado lugar a una revolución en la consideración de la presencia de grasa parda activa, regulable por estímulos termogénicos, en humanos adultos. Existen ya datos que correlacionan de forma inversa la intensidad de estas señales TEP indicativas de grasa parda activa y la obesidad.

La constatación de la presencia de grasa parda activa en humanos, además de proporcionar una posible explicación de

la tendencia a la obesidad en algunos individuos (que tendrían alterada la capacidad de gasto energético por una actividad defectuosa de la grasa parda), permite contemplar este tejido como una potencial diana terapéutica. En este sentido, el reciente hallazgo de que la hormona FGF21, con acción antiobesidad y antidiabética en animales, promueve la actividad de la grasa parda, abre una nueva vía de inves-

tigación. El desarrollo de fármacos o estrategias nutricionales dirigidos a activar la grasa parda podrían contribuir a combatir la epidemia de obesidad.

—*Francesc Villarroya, Roser Iglesias y Marta Giralt*
Universidad de Barcelona
Centro de Investigación Biomédica en Red Fisiopatología de la Obesidad y Nutrición (CIBERObn)

ECOLOGÍA

Islas de recursos

Cómo retener nitrógeno en suelo del desierto

A pesar de que el nitrógeno (N) es el elemento más abundante en la atmósfera, la única manera en que los seres vivos pueden disponer de N atmosférico es a través de bacterias que medran en el suelo o en las raíces de algunas plantas. El nitrógeno así fijado puede ser devuelto a la atmósfera por otras bacterias, o bien permanecer formando parte del suelo y de la biomasa de los ecosistemas terrestres (eventualmente puede llegar al mar a través de compuestos solubles). En el proceso de fijación biológica, el N atmosférico es reducido a amoníaco (NH_3) para luego ser convertido en el amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-) que usan los seres vivos.

En ecosistemas con lluvias estacionales, la fijación y circulación del nitrógeno se ve dificultada en los períodos de escasez de agua; en la época de lluvias, la retención del nitrógeno en el suelo se ve amenazada por la pérdida de formas solubles (sobre todo nitrato), la escorrentía y la lixiviación.

La productividad primaria de ecosistemas áridos y semiáridos depende sobremanera de la disponibilidad de nitrógeno. Sin embargo, el procesamiento del N en estos ecosistemas es lento, pues se halla restringido a los períodos con disponibilidad de agua. Además, las cantidades procesadas de N son menores que en otros ecosistemas. El reservorio de nitrógeno en el suelo incluye el N disuelto y el N contenido en la biomasa microbiana y en las raíces que van muriendo. En los desiertos, la proporción de biomasa subterránea es similar a la de biomasa aérea; la eliminación de biomasa vegetal aérea implica la muerte de una cantidad nota-

ble de biomasa subterránea, indispensable para los mecanismos de conservación del N en el ecosistema.

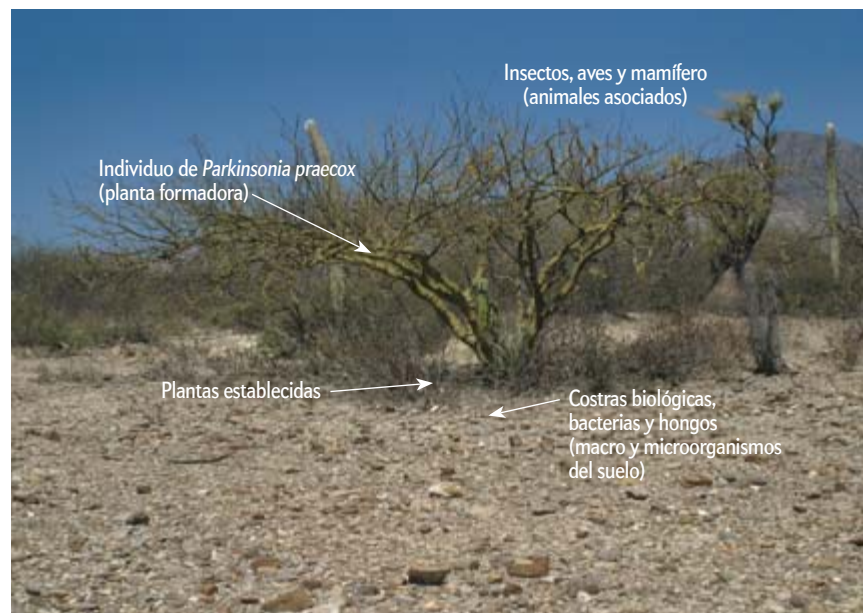
Una característica sobresaliente de los desiertos es que la vegetación se presenta en parches de variadas formas y tamaños, separados por áreas sin cubierta vegetal. Estos parches de vegetación se consideran islas de recursos.

Una isla de recursos está integrada por cuatro elementos: la planta formadora (uno o varios individuos de la misma es-

pecie con capacidad de inducir modificaciones biogeoquímicas importantes al suelo, como la fijación de nitrógeno); las plantas establecidas bajo la copa de la planta formadora; los macro y microorganismos del suelo (costras biológicas, bacterias y hongos asociados a las raíces, bacterias, bacterias y hongos de vida libre o ambos) y, por fin, los animales asociados a las plantas de la isla.

En cuanto a las funciones ecológicas, las islas de recursos facilitan la concentración y el enriquecimiento de nutrientes y agua, el secuestro o la retención de elementos como el carbono (C) y el nitrógeno, y el procesamiento y la transformación de C y N.

En numerosas plantas de desierto, el sistema radicular ocupa un área mayor



En el desierto se forman a menudo parches de vegetación. Por su notable función ecológica, se consideran islas de recursos. En la fotografía se muestran los cuatro componentes básicos de una isla de recursos en un matorral semiárido del valle de Tehuacán (región central de México). El suelo bajo la copa contiene una concentración elevada de nitrógeno y materia orgánica.

que el área de la copa, por lo que los nutrientes capturados por las raíces se concentran en el área cubierta por la copa (desde la cual son reincorporados al suelo por la caída de hojas, ramas, flores, etcétera). La disponibilidad de agua en el suelo es varias veces mayor bajo la copa que en el área circundante desprovista de vegetación.

Además de concentrar la disponibilidad de agua y nutrientes, las islas de recursos pueden considerarse unidades de procesamiento y transformación de materiales del ecosistema.

Retención de nitrógeno

Estudios de zonas áridas y semiáridas de España, México y Argentina indican que para comprender el enriquecimiento de nitrógeno del suelo de islas de recursos es necesario explorar mecanismos no solo de adquisición sino también de retención de nitrógeno. Se ha demostrado en desiertos norteamericanos que el N fijado en las costras biológicas superficiales nunca se incorporan al suelo sino que se pierde casi en su totalidad (regresa a la atmósfera).

En una investigación reciente, realizada en un ecosistema tropical semidesér-

tico del centro de México, demostramos que el procesamiento conjunto de N y C en el suelo constituye un mecanismo importante de retención de nitrógeno en islas de recursos. Pensamos que la energía generada durante el procesamiento del C por la microbiota heterótrofa es la que permite, a su vez, el procesamiento del N y el enriquecimiento de su reservorio en el suelo. Los resultados del estudio se publicaron en febrero de 2010 en *Functional Ecology*.

Debido a diferencias en la calidad de la hojarasca, los exudados radiculares y otros restos vegetales que producen distintas especies de plantas formadoras de islas de recursos, la cantidad de N retenido en el suelo varía de una especie a otra. Esas diferencias interespecíficas en el procesamiento de N podrían tener implicaciones ecológicas y evolutivas. En términos ecológicos, diferencias en los reservorios de N generados pueden traducirse en diferencias en la identidad y la cantidad de especies asociadas a cada isla de recursos. En términos evolutivos, diferentes genotipos de especies formadoras de islas pueden presentar capacidades distintas de procesar el nitrógeno a partir de interacciones C-N. En otras

palabras, diferentes capacidades para la producción (en cantidad y en calidad) de hojarasca, raíces muertas y exudados podrían favorecer diferencias en el éxito reproductivo (y, por tanto, en la adecuación y en las posibilidades de ser favorecidas por la selección natural) entre especies formadoras de islas de recursos.

Un hallazgo de mayor importancia ha sido la comprobación de que la mayor parte del nitrógeno se conserva en la biomasa microbiana porque las formas solubles son difícilmente retenidas en estos suelos. Ello deberá, por tanto, tenerse en cuenta en los programas de manejo y conservación de ecosistemas desérticos, puesto que el sobrepastoreo y la extracción excesiva de leña, además de exponer los suelos a mayores intensidades de erosión y reducir la producción primaria potencial de la vegetación remanente, disminuyen la fijación y la retención de nitrógeno.

—Yareni Perroni

*Instituto de Investigaciones Forestales
Xalapa, Veracruz, México*

—Carlos Montaña

*Departamento de biología evolutiva
Instituto de Ecología
Xalapa, Veracruz, México*

ASTROFÍSICA

La edad de las enanas blancas

El estudio de las transiciones de fase durante el proceso de enfriamiento permite calcular con precisión la edad de estas estrellas

Las enanas blancas constituyen el último estadio de la evolución de la mayoría de las estrellas. Toda estrella con una masa inferior a unas 10 veces la masa del Sol (el 95 por ciento de la población estelar del universo) acaba sus días convirtiéndose en una enana blanca. Por ello, las enanas blancas se encuentran entre las estrellas más abundantes del universo.

Cuando una estrella como el Sol o similar agota su combustible nuclear, expulsa al espacio sus capas más externas y deja un residuo muy compacto. El interior de este remanente se compone principalmente de carbono y oxígeno (los productos de las reacciones nucleares de fusión que tuvieron lugar durante las etapas previas en la vida de la estrella) junto a trazas de otros elementos químicos, como los isótopos ^{22}Ne (neón), ^{25}Mg (magnesio) y ^{54}Fe (hierro). Las enanas blancas tienen una masa similar a la del Sol, pero un tamaño

equiparable al de la Tierra. Su densidad alcanza valores formidables, del orden de una tonelada por centímetro cúbico.

A semejantes densidades los efectos cuánticos de la materia cobran importancia. A diferencia de las estrellas de tipo solar, que resisten al colapso gravitatorio gracias a la energía que libera la fusión del hidrógeno en su interior, las enanas blancas carecen de combustible nuclear. Son estables gracias al principio de exclusión de Pauli, que determina que en un mismo nivel energético no puede haber más de dos electrones. Ello implica que la mayoría de los electrones de una enana blanca, al hallarse tan próximos entre sí, ocupan niveles de energía muy altos. Eso quiere decir que se mueven a grandes velocidades o, en otras palabras, que el gas de electrones existente en el interior de una enana blanca se encuentra a presiones muy elevadas. Esa presión

se opone al colapso de la estrella y la mantiene estable.

Evolución

En el momento de su formación, las enanas blancas son brillantes (cientos de veces más que el Sol) y presentan un color entre blanco y azul, lo que les da su nombre. Con el paso del tiempo, sin embargo, se van enfriando poco a poco. Ese proceso de enfriamiento ha concitado un enorme interés durante los últimos decenios. Ello se debe a que, en astrofísica, las enanas blancas se emplean a modo de cronómetro.

Al igual que ocurre con cualquier otro sistema físico, cuanto menor es la temperatura de una enana blanca, más tiempo necesita para enfriarse aún más. A medida que disminuye la temperatura, el color de la estrella cambia de manera gradual (se torna cada vez más rojiza) y su brillo decrece. Por tanto, si descubrimos la enana blanca más débil de un sistema estelar (nuestra galaxia, pongamos por caso) y disponemos de modelos teóricos fiables para calcular su edad a partir de su brillo, sabremos con muy buena aproximación la edad del sistema estelar en cuestión.