CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 23 número 133 junio - julio 2013
Ejemplar en la Argentina $40

ACTIVISMO POLÍTICO y DIVERSIDAD SEXUAL

Tránsito de hormigas
Arqueología en el Delta
Guía del cielo nocturno

ISSN: 0327-1218
9 770327 121009 00133

Concurso Literario Juvenil

La CIENCIA en los CUENTOS 2013

El Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Asociación Civil Ciencia Hoy, con el auspicio del Programa de Promoción de la Lectura del Ministerio de Educación de la Argentina, el Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC/FCEYN-UBA) y el Área de Ciencias del Centro Cultural Borges, convocan a un concurso de cuentos cortos sobre temas científicos, con el objetivo de promover el interés de los jóvenes por la ciencia y por la literatura.

Se seleccionarán los tres (3) mejores cuentos. El premio consistirá en la publicación en forma de libro de estos trabajos, junto a los cuentos de otros siete (7) participantes, quienes recibirán menciones especiales. Se entregará además una suscripción anual gratuita a la revista Ciencia Hoy a cada uno de los autores de los tres (3) cuentos ganadores.

El jurado está compuesto por los siguientes expertos:

Lic Mariano Ducros, profesor de literatura, Universidad de Palermo, ex director del Departamento de Extensión Cultural del Centro Cultural Borges

Dr Daniel Salomón, investigador independiente del Conicet, primer premio en los concursos Julio Cortázar, Eduardo Bocco y Attilio Betti

Dra Ana María Vara, profesora de la Escuela de Humanidades, UNSAM, diploma al mérito 1997 de la Fundación Konex

Los autores deberán tener entre dieciséis y dieciocho años al cierre de la convocatoria y ser de nacionalidad argentina o bien extranjeros residentes en la Argentina.

El plazo de presentación de las obras se cerrará irrevocablemente el día

30 de SEPTIEMBRE de 2013

Serán coordinadores del concurso
Viviana Bianchi y Alejandro Gangui

Bases del concurso en:
http://cms.iafe.uba.ar/gangui/difusion/concurso/13/

Informes o consultas:

Comunicación Institucional CONICET
Tel: +54 11 5983-1340
E-mail: *dzabalo@conicet.gov.ar*

Asociación Civil Ciencia Hoy
Tel: +54 11 4961-1824 o 4962-1330
E-mail: *pab@retina.ar*

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Pablo Enrique Penchaszadeh

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de la revista puede reproducirse, por ningún método, sin autorización escrita de los editores, los que normalmente la concederán con liberalidad, en particular para propósitos sin fines de lucro, con la condición de citar la fuente.

Sede: Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5º A
(C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4961-1824 y 4962-1330
Correo electrónico: *pab@retina.ar*
http://www.cienciahoy.org.ar

Editores responsables

Federico Coluccio Leskow
Instituto de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA-Conicet

Omar Coso
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-Conicet

María Luz Endere
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Conicet

Alejandro Gangui
Instituto de Astronomía y Física del Espacio, UBA-Conicet

Aníbal Gattone
UNSAM

José X Martini
Asociación Ciencia Hoy

Paulina E Nabel
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

Pablo Enrique Penchaszadeh
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

María Semmartin
Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas vinculadas a la Agricultura, UBA-Conicet

Susana Villavicencio
Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, UBA

Lo expresado por autores, corresponsales y avisadores no necesariamente refleja el pensamiento del comité editorial, ni significa el respaldo de CIENCIA HOY a opiniones o productos.

Consejo científico

Coordinadora: Olga Dragún (Departamento de Física, CNEA)

Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), Jorge Crisci (FCNYM, UNLP), Roberto Fernández Prini (FCEYN, UBA), Stella Maris González Cappa (FMED, UBA), Francis Korn (Instituto y Universidad Di Tella), Juan A Legisa (Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche), Eduardo Míguez (IEHS, UNCPBA), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), Marcelo Montserrat (Academia Nacional de Ciencias), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Jacques Parraud (UVT, INTA), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP), Eduardo H Rapoport (Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue), Fidel Schaposnik (Departamento de Física, UNLP)

Secretaría del comité editorial: Paula Blanco

Administración: Adelina Blanco

Representante en Bariloche
Edgardo Ángel Bisogni (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche);
Av. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400)
San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro

Representante en Mar del Plata
Raúl Fernández (Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social, UNMDP)
Saavedra 3969 (7600) Mar del Plata,
Buenos Aires. Tel: (0223)474-7332
Correo electrónico: *raferna@mdp.edu.ar*

Corresponsal en Río de Janeiro
Revista Ciência Hoje
Av. Venceslau Brás 71, fundos, casa 27,
CEP 22290-140, Río de Janeiro - RJ - Brasil
Teléfono: (55) 21-295-4846
Fax: (55) 21-541-5342
Correo electrónico: *cienciahoje@cienciahoje.org.br*

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $ 260
EXTRANJERO: 6 números, US$ 40 + envío

Artículos digitalizados: $15

Costo de envío
PAÍSES LIMÍTROFES DE LA ARGENTINA: US$ 33
RESTO DE AMÉRICA: US$ 54
RESTO DEL MUNDO: US$ 60
(American Express - Visa)

Distribución

En Ciudad de Buenos Aires y Gran Buenos Aires:
Rubbo SA
Río Limay 1600 (C1278ABH)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfono: (011) 4303-6283/85

En el resto de la Argentina:
Distribuidora Interplazas SA
Pte. Luis Sáenz Peña 1836
(C1135ABN) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ISSN 0327-1218
Nº de Registro DNDA: 5104209

Diseño y realización editorial
Estudio Massolo
Callao 132, E.P. (C1022AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4372-0117
Correo electrónico: *estudiomassolo@fibertel.com.ar*

Impresión
FORMA COLOR impresores
Camarones 1768 C.P: 1416ECH
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Es una asociación civil sin fines de lucro que tiene por objetivos: **(a)** divulgar el estado actual y los avances logrados en la producción científica y tecnológica de la Argentina; **(b)** promover el intercambio científico con el resto de Latinoamérica a través de la divulgación del quehacer científico y tecnológico de la región; **(c)** estimular el interés del público en relación con la ciencia y la cultura; **(d)** editar una revista periódica que difunda el trabajo de científicos y tecnólogos argentinos, y de toda Latinoamérica, en el campo de las ciencias formales, naturales, sociales, y de sus aplicaciones tecnológicas; **(e)** promover, participar y realizar conferencias, encuentros y reuniones de divulgación del trabajo científico y tecnológico rioplatense; **(f)** colaborar y realizar intercambios de información con asociaciones similares de otros países.

COMISIÓN DIRECTIVA

Pablo E Penchaszadeh (presidente), Carlos Abeledo (vicepresidente), Federico Coluccio Leskow (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), María Semmartin (prosecretaria), Hilda Sábato, Diego Golombek, Galo Soler Illia, Ana Belén Elgoyhen (vocales).

La revista Ciencia Hoy se publica merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe –ni ha recibido en toda la historia de la revista– remuneración económica. Fundada en 1988.

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

Sumario

Junio-julio 2013
Volumen 23 - Número 133

EDITORIAL

4 **LA DIFÍCIL TAREA DE EVALUAR LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA**

ARTÍCULO

7 **CONFLICTOS DE TRÁNSITO EN HORMIGAS**
Alejandro G Farji-Brener

Las hormigas cortadoras de hojas, un numeroso grupo de insectos nativos de las Américas, forman una de las más complejas sociedades animales conocidas. Sus integrantes generan un intenso tránsito entre los hormigueros que habitan y plantas ubicadas en su entorno, de las que cortan fragmentos que llevan al nido para cultivar un hongo como alimento de sus larvas. ¿En qué se asemeja y en qué se diferencia ese tráfico del generado por las sociedades humanas? ¿Cómo solucionan las hormigas los conflictos que les genera?

ARTÍCULO

14 **DE HUEVOS, POLLOS, GALLOS Y GALLINAS**
Federico Coluccio Leskow

La humanidad cría y consume cerca de 56 mil millones de pollos por año, o casi ocho por cada ser humano, además de unos 1,2 billones de huevos (171 por persona). Alrededor del 70% de ellos se produce en criaderos-fábrica, que son cada vez más grandes y eficientes, y permiten satisfacer esa demanda de alimentos de forma regular, confiable y económica en toda estación del año. Pero la situación encierra un riesgo: la uniformidad genética de las poblaciones de esos criaderos las expone a epidemias que podrían diezmarlas de un día para el otro, así como extenderse a las personas, algo que ya sucedió, aunque en modesta escala, con la gripe aviar.

21 **EL ACTIVISMO DE LA DIVERSIDAD SEXUAL EN LA ARGENTINA**
Renata Hiller

En el último lustro la Argentina asistió a un proceso de cambios legales y culturales en el campo de la sexualidad, que incluyeron leyes como la 26.618 de Matrimonio Igualitario y la 26.743 de Identidad de Género. Ello tuvo lugar en el marco de los procesos de democratización, de cambios de las funciones del Estado, de avances en el reconocimiento de derechos civiles y de variadas cuestiones políticas, como las redefiniciones internas del peronismo o la crisis de 2001. Este contexto ayuda a comprender la historia del reconocimiento de la diversidad sexual, la que sigue escribiéndose con dinamismo.

26 **ANIMALES MODELO Y EL ESTUDIO DEL AUTISMO**
Amaicha Depino

La investigación de enfermedades humanas muchas veces procura avanzar recurriendo a experimentos con animales. Pero ese camino es difícil de utilizar para las enfermedades psiquiátricas.
Los primeros estudios sobre el comportamiento de los animales permitieron comprender las bases neuronales de ciertas conductas básicas de estos. Como consecuencia, hoy podemos estudiar el autismo, un desorden que se manifiesta en niños y afecta su interacción social, utilizando ratones como animales modelo.

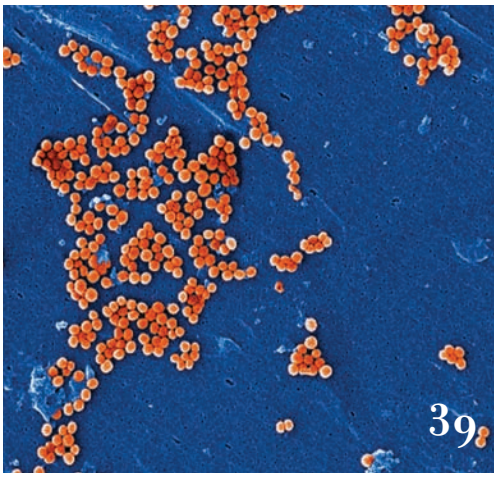
ARTÍCULO

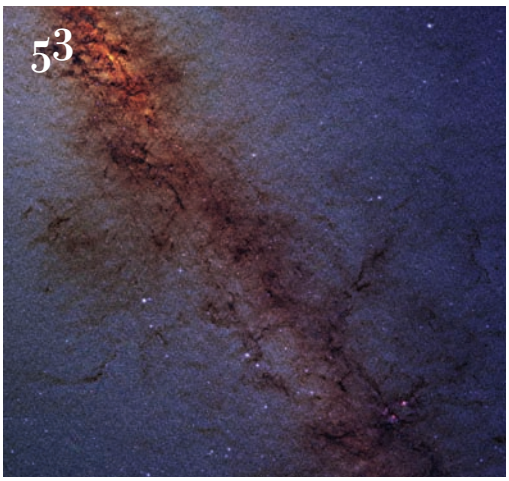
31 **CERAMISTAS DE LA RIBERA**
Los antiguos pobladores del delta del Paraná
Gustavo G Politis, Mariano Bonomo y Violeta Di Prado

Se creía que los indígenas que habitaron el delta del Paraná entre hace dos mil años y el arribo de los españoles eran cazadores-recolectores y pescadores, que no tenían plantas cultivadas hasta la llegada tardía de los guaraníes, que habitaban las elevaciones naturales del terreno y que mantenían una organización política igualitaria. Investigaciones recientes, sobre todo en el delta superior, muestran un panorama distinto: grupos con algún tipo de jerarquías sociales, que practicaban la horticultura, que en algunos lugares llegaron a formar aldeas estables y que mantenían amplias redes de intercambio.

39 **SUPERBACTERIAS**
El problema mundial de la resistencia a los antibióticos
por Fabiane Antunes Ferreira, Raquel Souza Cruz y Agnes Marie Sá Figueiredo

Se llama superbacterias a aquellas bacterias que desarrollaron resistencia a prácticamente todos los antibióticos. La diseminación de estos microorganismos multirresistentes se produce, entre varias razones, por el uso excesivo o incorrecto de antibióticos, por la frecuencia de procedimientos médicos u odontológicos invasivos, como cirugías, implantes de prótesis y otros, y por la capacidad de las bacterias de transmitir su material genético.





CIENCIA EN EL AULA

48 **LA BASURA Y EL CICLO DE LOS MATERIALES**
María Semmartin

El devenir de la vida incluye el flujo de sustancias como carbono, agua, nitrógeno o calcio de vegetales a herbívoros, carnívoros, el suelo y la atmósfera. Ese ciclo de los materiales en la naturaleza no es sencillo de enseñar, pero la vivencia cotidiana de la basura doméstica, más la simple experiencia de compostar residuos en la escuela, proporcionan una interesante oportunidad didáctica para hacerlo.

ASTRONOMÍA

53 **GUÍA DEL CIELO NOCTURNO**
Julio-diciembre de 2013
por Jaime García

CIENCIA Y SOCIEDAD

62 **EMULSIONES**
El arte de mezclar agua con aceite
Mariana Koppmann

El agua y el aceite no se mezclan por razones que tienen sólidos basamentos químicos. Pero ciertas preparaciones culinarias, como la mayonesa, son justamente eso: mezclas más o menos estables de aceites o grasas dispersas en agua. Se llaman emulsiones, y la dificultad química de formarlas impone condiciones especiales a su preparación, las que han dado lugar a un rico folclore de recomendaciones por lo general poco fundadas.

La difícil tarea de evaluar la actividad científica

Una de las labores cruciales del quehacer científico universal, incluido el de nuestro país, es evaluar la investigación que produce y la que proyecta realizar, así como las personas dedicadas a esas tareas y las organizaciones en que tiene lugar. Como consecuencia, una fracción no despreciable del tiempo de todo científico activo está dedicada a evaluar proyectos y resultados de investigación, informes sobre el desempeño de personas, solicitudes de ingreso en las entidades científicas y de promoción a posiciones académicas superiores, funcionamiento de instituciones, etcétera.

La evaluación es una instancia imprescindible para garantizar la salud del sistema científico. Asegura que lo que se acepta como conocimiento nuevo ha sido revisado con rigor, y que el dinero disponible para investigar se reparte entre los mejores proyectos. Al mismo tiempo, el trabajo de evaluar presenta desafíos no menores, que, a su vez, se someten recurrentemente a debate y revisión entre los propios miembros de la comunidad científica.

Entre sus aspectos más problemáticos, en todos los países, se destaca la enorme cantidad de información que debe ser analizada, en relación con el número de científicos que la pueden revisar. Y en comunidades relativamente pequeñas, como la argentina, la disponibilidad de expertos que puedan evaluar cabalmente y con independencia la labor de sus pares es notoriamente baja en muchas áreas temáticas.

En un escenario ideal, un investigador debería poder ser evaluado por otro lo suficientemente idóneo, y a la vez lo suficientemente alejado, como para garantizar una razonable objetividad. Además, el evaluador debería contar con el tiempo necesario para examinar de manera exhaustiva los resultados de la labor del evaluado, y así emitir un juicio de valor fidedigno y cabal sobre su desempeño.

La realidad muestra que en todos lados se está muy lejos de esa situación ideal. La escasez de evaluadores y del tiempo que estos pueden dedicar a la tarea, en relación con la elevada cantidad de evaluaciones que deben realizar, ha promovido el empleo de una serie de indicadores cuantitativos sistematizados, que facilitan enormemente la actividad. Pero esos indicadores -por ejemplo, el número de artículos publicados en revistas científicas reconocidas de circulación internacional (en muchos casos calificados por un factor que toma en cuenta la importancia de la revista)- presentan no pocas limitaciones, que comentaremos en este editorial y que en estos momentos se debaten en los medios académicos de todos los países.

En nuestros comentarios simplificaremos una situación que tiene muchas complejidades. Así, no nos detendremos en distinguir las diferencias entre evaluar investigadores, planes de investigación, publicaciones e instituciones, pero advertimos que nuestras afirmaciones pueden aplicarse de forma distinta en cada uno de esos casos. Tampoco nos detendremos en las diferencias entre disciplinas, en especial, las particularidades de aquellas -por lo general las humanidades y las ciencias sociales- en que la producción intelectual tiende a darse a conocer más publicando libros (o capítulos de ellos) que artículos en revistas.

Para cumplir su función, los evaluadores deben considerar distintas facetas de la actividad de sus colegas, las que por lo general incluyen la producción de conocimiento, la formación de investigadores (es decir, la dirección de tesis de doctorado), la gestión de instituciones académicas, la transferencia tecnológica, la docencia universitaria general y, crecientemente, la divulgación de la ciencia al público no especializado. Si bien la forma en que se pondera cada una de esas facetas da lugar a un debate específico y varía entre disciplinas e instituciones, existe bastante acuerdo acerca de que la producción de conocimiento es la dimensión de mayor peso relativo.

Esa creación de conocimiento, en una primera aproximación, puede determinarse en las ciencias exactas y naturales a partir de la variable mencionada: la cantidad de trabajos de investigación que un científico publicó en revistas científicas, las cuales, a su vez, en su amplia mayoría, practican la evaluación por pares del material que reciben para incluir en sus páginas, lo que permite suponer que, para los especialistas que lo examinaron a pedido de la revista, es conocimiento de aceptable calidad. Pero se trata solo de una primera aproximación, porque lo que realmente debe evaluarse en mayor profundidad es, justamente, la calidad de cada trabajo, más allá de que supere el umbral mínimo que requiere la revista en que se publicó: su aporte al stock universal de conocimiento, su relevancia, su originalidad, su rigor metodológico, entre otras facetas.

Sea como fuere, para un evaluador que se enfrenta con una gran cantidad de individuos por evaluar, simplemente contar la cantidad de artículos publicados por año por cada uno resulta un atajo muy tentador, frente al esfuerzo

de leer concienzudamente cada trabajo. En este contexto, el uso de indicadores cuantitativos resulta valioso y, por eso, se han creado algunos bastante más refinados que la mera suma del número de publicaciones, aunque ellos tampoco están exentos de limitaciones.

Algunos de esos indicadores refinados, que resultan de ingeniosos algoritmos, procuran entre otras cosas reflejar la importancia que asigna la propia comunidad científica a una contribución. Entre tales indicadores están los llamados *índices* o *factores de impacto*, de los que existen numerosas variantes. El mecanismo que emplean es identificar la cantidad de veces que el conocimiento generado por un científico fue utilizado por otros científicos, lo que se determina por las veces que un artículo es citado en otros artículos en revistas semejantes. El supuesto central es que los trabajos más valiosos por su contribución al conocimiento son más citados que los que contribuyen menos, lo que normalmente es cierto (con la rara excepción de artículos con numerosas citas que los refutan).

En la actualidad existen bases de datos continuamente actualizadas que consignan el número de veces que determinado trabajo es citado por otros investigadores, lo que, si se acepta este razonamiento, permite determinar de manera casi instantánea el peso de un investigador a partir de esa clase de repercusión de sus trabajos.

Del mismo modo, las revistas en las que se publican los resultados de la labor científica también son evaluadas por las veces que se citan los trabajos que incluyen en sus páginas. Esto se hace calculando el promedio de citas por artículo. Con esto, las revistas resultan ordenadas en un ranking relativamente sencillo y, como consecuencia, los investigadores tienden a enviar sus trabajos a publicar a las revistas cuyos artículos reciben más citas, es decir, tienen mayor factor de impacto. Una consecuencia de este ordenamiento de las revistas es que, en la práctica, se tiende a juzgar el valor de los trabajos que publica un investigador en función del factor de impacto de la revista en que salió, como si todos los artículos de la revista recibiesen la misma cantidad de citas.

Estas herramientas cuantitativas de evaluación se han aplicado masivamente en todo el mundo desde hace por lo menos veinte años. Han proporcionado un buen marco para analizar comparativamente el valor de la producción científica, y una base numérica objetiva para tomar decisiones de asignación de becas y subsidios, y para contratar o promover investigadores. Pero disponer de un buen marco o una buena base para la evaluación no es lo mismo que tener una herramienta infalible que se puede usar en todos los casos y no requiere mucho más análisis. Por desgracia, no pocas veces se ha procedido como si se tratase de esto último, lo que ha creado múltiples trastornos, más allá de arrojar evaluaciones distorsionadas.

Uno de esos trastornos ha sido estimular a los científicos a que se ocupen de los temas de moda o de aquellos en los que trabaja la mayor cantidad de investigadores, lo mismo que a las revistas a favorecer la publicación de artículos sobre esos temas, pues tenderán a ser citados más veces y lograrán más altos índices de impacto. Esta tendencia no necesariamente conduce a buena investigación ni a innovaciones, y puede estimular a que se publique mucho trabajo de rutina prolijamente citado en nuevos trabajos de rutina.

Otro trastorno ha sido incitar a los investigadores a que orienten su labor a lograr muchas publicaciones con muchas citas, y menos a que se concentren en reflexionar sobre el fondo de los asuntos que investigan y en profundizar sus respuestas a las preguntas que se plantean. Esto lleva a que salgan artículos que hubiesen requerido más maduración, o a que para publicarlos se fraccione un tema en varias partes, que dan lugar a sendos artículos (y su secuencia de citas), en detrimento de la lógica y de la claridad de exposición.

Ciencia Hoy no tiene un remedio infalible para estos trastornos, ni cree que exista. Como en casi todas las cosas, el camino seguramente pasa por el uso simultáneo de varias herramientas, la moderación en la confianza que se deposita en cada una y, sobre todo, en el sentido común. Tampoco escribió este editorial para tomar parte en el intenso debate académico actual sobre el asunto, porque no sería este el órgano para publicarlo (para los interesados en él, se agregan lecturas sugeridas). Lo hizo para ilustrar a lectores ajenos a los medios científicos pero interesados en ellos sobre cuestiones de las que cada tanto suelen oír hablar y les resultan más bien crípticas. Y porque a quienes están sumidos en el debate seguramente les viene bien mirarlo alguna vez con los ojos del lego, ya que es este, en última instancia, el que debe terminar zanjando cuestiones tan esenciales como para qué la sociedad invierte recursos en ciencia (según expusimos ya hace tiempo en un editorial llamado 'Pares e impares', Ciencia Hoy, 6, 34, 1996). CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 1996, 'El juicio de los pares', Ciencia Hoy, 6, 33: 7-8.

AAVV, 2013, *San Francisco Declaration on Research Assessment*, accesible en la página de la American Society for Cell Biology, *www.ascb.org/SFdeclaration.html*.

GARFIELD E, 2006, 'The history and meaning of the journal impact factor', *Journal of the American Medical Association*, 295, 1: 90-93.

MISTELI T, 2013, 'Eliminating the impact of the Impact Factor', *Journal of Cell Biology*, accesible en *www.jcb.org/cgi/doi/10.1083/jcb.201304162*.

OESTERHELD M, 2013, 'El valor de tener muchas citas', *Ecología austral*, 23: 70-73.

SEGLEN PO, 1997, 'Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research', *British Medical Journal*, 314, 7079: 498-502.

Sendero de hormigas cortadoras de hojas *Atta Cephalotes*. Foto eol.org/Jim Webber

Alejandro G Farji-Brener
Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue-Conicet

Conflictos de tránsito en hormigas

Beneficios y costos de la aglomeración

Vivir en sociedades densas, en las que muchos individuos coexisten en relativamente poco espacio, tiene ventajas pero también inconvenientes. Sus integrantes pueden acceder a más recursos, colonizar fácilmente nuevas áreas y especializarse en diferentes trabajos. Pero los grupos densos generan gran cantidad de desechos potencialmente patógenos, se contagian más fácilmente enfermedades entre sus miembros y enfrentan graves conflictos de tránsito. Comprender cómo las sociedades encaran estos problemas puede ayudar a entender el origen y el mantenimiento de la vida en grupo.

Las hormigas cortadoras de hojas son un numeroso grupo de insectos nativos de las Américas cuya distribución geográfica se extiende desde el sur de los Estados Unidos hasta el sur de la Argentina. Existen unas 40 especies de ellas, reunidas en dos géneros, *Atta* y *Acromyrmex*. Cortan y recolectan fragmentos de hojas y flores de una gran variedad de plantas y los emplean para cultivar un hongo en el interior de sus hormigueros, el que les sirve de principal alimento para sus larvas. Evitan las plantas que dañan al hongo y portan en su cuerpo bacterias que lo protegen de infecciones.

¿DE QUÉ SE TRATA?

El intenso tránsito de hormigas que transportan fragmentos vegetales a los hormigueros donde habitan se parece al trajinar de vehículos en ciudades y rutas; y los senderos por los que se desplazan esas hormigas se asemejan a las rutas diseñadas por ingenieros viales. Por eso, analizar cómo las hormigas reducen los conflictos de tránsito puede ayudar a buscar soluciones a estos conflictos en las sociedades humanas.

Estas hormigas forman una de las más complejas sociedades animales conocidas y se agrupan en colonias que pueden contener más de un millón de individuos de distintos tamaños (pero no mayores de unos 2cm) y aspectos, divididos en castas responsables de diferentes funciones (obreras, nodrizas, soldados, reinas, todas hembras, pues los machos, alados, solo aparecen una vez por año).

Su nido es una compleja construcción subterránea. Puede consistir en un cuerpo principal de hasta unos 15m de diámetro, a veces conectado con estructuras menores alejadas varias decenas de metros. Contiene elaborados conductos internos para circulación, ventilación y eliminación de residuos. En la superficie, el nido es el centro de un complejo sistema de caminos que lo vincula con las plantas de las que las hormigas cortan fragmentos. Esos caminos comienzan en el hormiguero como sendas principales y se van bifurcando para dirigirse a diferentes destinos. Son similares en su diseño a las rutas de acceso a las grandes ciudades, y presentan idénticos desafíos.

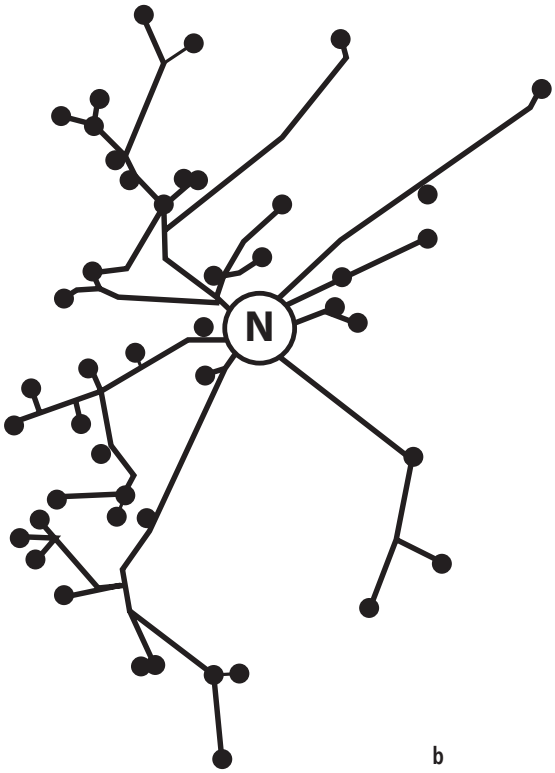
Por un lado, la construcción y el mantenimiento de los caminos son costosos. Las hormigas deben limpiarlos de vegetación y hojarasca, un trabajo especialmente intenso en ambientes en que las hojas caen constantemente al suelo, como los bosques tropicales. Además, su diseño debe reducir el tiempo de circulación entre el nido y los recursos. Y dado que por los caminos suelen circular muchas hormigas en ambas direcciones, ellas deberían comportarse de maneras que reduzcan la probabilidad de embotellamientos, choques y retrasos.

Choques, retrasos y prioridades

Los caminos de las hormigas cortadoras de hojas no tienen sentido único de circulación ni vías diferenciadas de ida y regreso. Por eso es común que las que retornan cargadas al hormiguero se topen de frente con las que salen de él sin carga. Algunos estudios han documentado que esos encuentros frontales retrasan hasta un 25% la velocidad de las hormigas, lo que afecta el ritmo de ingreso del alimento en la colonia.

A pesar de esto, los choques son frecuentes, aunque más propiamente deberían llamarse encuentros frontales, pues, como se advertirá más adelante, los choques entre hormigas no son iguales a los que ocurren entre automóviles. ¿Será posible que tengan ventajas para sus protagonistas? Para estudiar este fenómeno, nos planteamos tres hipótesis sobre posibles funciones de los choques entre hormigas cargadas y descargadas: que ayuden

Tres especies de hormigas cortadoras de hojas. Cada individuo mide unos 15mm. a. *Atta cephalotes* en Cahuita, Costa Rica. Foto Hans Hillewaert, Wikimedia Commons. b. *Atta vollenweideri* en la provincia de Corrientes. c. *Atta colombica* en un zoológico europeo. Foto Norbert Polenski, Tiergarten Schönbrunn, Wikimedia Commons.



a. Senderos de la hormiga *Atta vollenweideri* en torno a su nido subterráneo, cuya parte externa se destaca como un túmulo bajo un árbol en un ambiente chaqueño de la zona del Iberá, provincia de Corrientes. El árbol podría ser un higuerón (*Ficus* sp.)
b. Esquema relevado por el autor de los senderos trazados por hormigas de la especie *Atta vollenweideri* en torno a un nido en Corrientes.
c. Bifurcaciones de senderos de la hormiga *Atta vollenweideri* en la provincia de Corrientes. Nótese que las ramas que se desprenden de las troncales son más estrechas que estas.

a las primeras a encontrar el camino de regreso al nido, que proporcionen a ambos grupos información sobre el estado del sendero o que brinden a las segundas datos sobre la ubicación de un recurso apetecible. Los estudios arrojaron resultados desfavorables a las dos primeras hipótesis y favorables a la tercera.

Las hormigas no chocaron con más frecuencia cuando les hicimos perder su camino, ni su velocidad en volver a orientarse correctamente se relacionó con la cantidad de choques al ingresar al camino principal desde una bifurcación: ambos resultados son esperables si los choques les brindaran información para orientarse mejor. Tampoco encontramos un incremento en la frecuencia de choques después de colocar un obstáculo en el camino, cosa que hubiera tenido lugar si los choques fuesen una forma de informar sobre el estado del sendero. Pero las hormigas sin carga que chocaron con otras cargadas incrementaron varias veces su probabilidad de encontrar la fuente de alimento en que se abastecieron estas, en comparación con hormigas que no experimentaron esos choques. Se puede deducir que para las hormigas el incremento de la probabilidad de encontrar alimento (debido al choque con una hormiga cargada) supera el costo del retraso que ese choque les puede ocasionar.

Otro problema típico del tránsito es la demora que los individuos más lentos causan a los restantes. En las carreteras de las sociedades humanas, ejemplo de lo anterior son los camiones, que van más despacio y obstaculizan al resto de los vehículos. En las colonias de hormigas cortadoras ciertos individuos hacen las veces de camioneros: son hormigas que, independientemente de su tamaño corporal, transportan fragmentos exageradamente grandes. No es simplemente que hormigas más grandes transporten cargas mayores: algunas hormigas cargan con fragmentos de hoja mucho más grandes que el promedio de los que llevan sus congéneres de igual talla.

Embotellamiento causado por la caída de una pequeña rama que interrumpe el tránsito en un sendero de la hormiga *Atta cephalotes* en la selva tropical de Costa Rica.

Esas hormigas sobrecargadas caminan de forma lenta e irregular, lo que ocasiona retrasos a las que marchan detrás. El efecto es especialmente notable cuando el flujo de hormigas es alto y el intento de algunas de adelantarse genera embotellamientos y colisiones adicionales. Mediante el experimento de agregar y quitar peso a hormigas (o sea, de convertir hormigas comunes en sobrecargadas y viceversa), constatamos que las camioneras retrasaban hasta un 50% la velocidad de sus compañeras.

También comprobamos que la aparición de hormigas con fragmentos vegetales desproporcionadamente grandes era más frecuente en senderos con poco tráfico. Una posibilidad es que ese comportamiento resulte condicionado por el estado del tránsito: con pocas hormigas en los senderos, el retardo que ocasionan las camioneras es pequeño porque pueden ser fácilmente adelantadas por sus compañeras, pero se incrementa notablemente con el aumento de individuos circulando. Existe en esto una semejanza con las carreteras de las sociedades humanas, en las que los vehículos lentos afectan poco a los demás mientras la densidad de circulación es baja.

Las reglas de tránsito, en la medida en que son respetadas, mejoran la circulación y reducen colisiones y embotellamientos. Así, las sociedades humanas han establecido normas sobre prioridades de paso que dependen

Conflicto	Descripción	Respuesta
Choques	Hormigas sin carga que salen del nido colisionan con hormigas cargadas que retornan a él	Intercambio de información entre individuos
Retrasos	Hormigas que llevan cargas desmedidas retrasan a las demás	Cuando hay mucho tránsito se evitan las cargas desmedidas
Obstáculos en el camino	Reducciones del ancho del sendero causan embotellamiento	Circulan con prioridad las hormigas cargadas mientras las otras esperan a la vera del sendero
Ancho de los senderos	Senderos anchos son convenientes para circular pero costosos de construir y mantener	El ancho dado a los senderos es proporcional al flujo máximo de hormigas que circula
Diseño de bifurcaciones	Las bifurcaciones son puntos en que se perturba la fluidez del tránsito	La suma del ancho de las bifurcaciones es mayor que el del sendero troncal
Obstáculos en el suelo	Muchos elementos del terreno pueden obstaculizar los senderos	Encaminar los senderos por ramas caídas y raíces expuestas reduce costos e incrementa la velocidad de tránsito.

Principales conflictos de tránsito entre hormigas y su manera de reducir los costos que les ocasionan.

de la ubicación del vehículo (en avenidas versus calles, por la derecha o por la izquierda) o de su clase (ambulancias, bomberos). Las sociedades de hormigas, ¿exhiben conductas similares?

Con el fin de contestar esta pregunta hubo investigadores que hicieron el experimento de angostar un sendero de hormigas, para configurar una situación similar a la observada cotidianamente en cualquier ciudad o carretera cuando se efectúan reparaciones y alguna autoridad hace circular alternativamente vehículos en uno y otro sentido. Comprobaron que las hormigas hacen algo parecido, aunque nadie parece dirigir el tráfico: las que salen del hormiguero sin carga ceden el paso a las cargadas que se dirigen a él. Para ello las primeras se detienen al costado del sendero y retoman la marcha cuando pasaron las otras.

Sendero de la hormiga *Atta cephalotes* en la selva costarricense. Pasa por encima de la raíz de un árbol que emerge del suelo, con lo que evita a las hormigas el esfuerzo de construirlo y mantenerlo.

Beneficios individuales, beneficios sociales y aprovechamiento de recursos

Los individuos que transitan por un sendero circulan más cómodamente cuanto más ancho sea. Desde el punto de vista puramente individual, se deberían construir caminos lo más anchos posibles para poder moverse a la velocidad deseada sin depender de la velocidad de otros. Pero los caminos son costosos, porque la sociedad debe asignar recursos a su construcción y mantenimiento. Desde el punto de vista social, entonces, parecería que se deberían construir caminos lo más angostos posibles. Pero caminos muy angostos resultan en choques, retrasos y embotellamientos, que padecen quienes los transitan, y el conjunto de esos perjuicios individuales también constituye un costo social. De ahí que ingenieros y economistas hayan inventado los estudios de costos y beneficios sociales, que son análisis muy refinados para establecer qué caminos (o cualquier obra pública) resultan convenientes para la sociedad.

Las hormigas cortadoras de hojas parecen estar aplicando conceptos similares, pues se puede observar que el ancho de sus caminos es por lo común proporcional al máximo flujo de individuos que circula por ellos. Podríamos pensar, en nuestra forma humana de interpretar el mundo, que de esta manera la colonia no dilapida recursos sociales en construir y mantener senderos innecesariamente anchos, ni los construye tan angostos que produzcan embotellamientos.

Las bifurcaciones constituyen puntos especialmente conflictivos para el tránsito de las hormigas (y de los humanos). Las hormigas sin carga que provienen del nido deben elegir por cuál rama de un sendero bifurcado seguir para llegar a los recursos que van a buscar; las cargadas que regresan al nido deben fundir en el sende-

Senderos de la hormiga *Atta vollenweideri* en la provincia de Corrientes.

ro troncal el tráfico de dos senderos bifurcados. Para la ingeniería vial, en una bifurcación bien diseñada, para reducir los embotellamientos, el ancho del camino troncal debe equivaler a la suma de los anchos de los senderos bifurcados.

Según nuestros estudios, las hormigas van más allá de los ingenieros de caminos, porque normalmente hacen bifurcaciones más anchas: casi siempre la suma del ancho de las ramas bifurcadas es mayor que el ancho del sendero troncal. Nuestra hipótesis es que lo anterior se produce porque en senderos angostos, aunque las hormigas procuren ir por el centro, la vegetación de los bordes obstaculiza el desplazamiento, cosa que no sucede en senderos anchos, cuyas franjas centrales están más alejadas de los bordes con vegetación. Concordantemente con esto, se observa que en senderos troncales las hormigas cargadas, que tiene más probabilidad de chocar con la vegetación de los bordes, generalmente circulan por el centro, mientras que las sin carga, que transitan en sentido contrario, ocupan los bordes.

La construcción y el mantenimiento de senderos son especialmente costosos para hormigas de ambientes en que caen constantemente hojas del dosel del bosque, lo mismo que de sitios con obstáculos creados por una topografía irregular. En tales casos, las hormigas suelen aprovechar ciertas particularidades del terreno para reducir sus esfuerzos. Por ejemplo, se sirven de ramas caídas de arbustos o de raíces expuestas de árboles como si fueran senderos naturales. En bosques tropicales de Costa Rica, hemos observado que tales elementos forman parte de los caminos de casi todos los nidos, y que pueden abarcar el 30% de la longitud total de la red de senderos de un hormiguero.

Empleando esos senderos naturales, las hormigas de esos bosques centroamericanos logran algo más que ahorrarse un 30% del costo de construcción de sus caminos. Como las que van cargadas son hasta un 50% más veloces cuando caminan sobre ramas o raíces que cuando transitan por sus senderos en el suelo, pueden hacer más viajes por día. En promedio, un sendero puede tener una longitud total de 22m entre la entrada al hormiguero y la planta de la que las hormigas cortan fragmentos de hojas. Si un hormiguero está poblado por 50.000 hormigas obreras y tiene cuatro senderos como el descripto, en cada uno de los cuales 7m no van por el suelo sino por ramas caídas o raíces expuestas, el nido ahorra alre-

dedor de 7800 horas-hormiga de trabajo por día para ingresar la misma cantidad de alimento.

Semejanzas y diferencias entre el tránsito de humanos y hormigas

En los últimos años, se han empleado diversos conceptos sobre el tránsito en sociedades humanas para comprender problemas de circulación en sociedades de hormigas, y viceversa. Esto no resulta sorprendente dadas las similitudes entre ambas sociedades y sus problemas de tránsito. Vehículos, personas y hormigas varían en tamaño, se desplazan a velocidades diferentes, y pueden transportar cargas de variadas dimensiones. Generan embotellamientos y ocasionan choques. Las rutas de las sociedades humanas y los senderos de las hormigas presentan desafíos ingenieriles similares en el marco de reducir los costos de construcción y mantenimiento, y hacer máximos los beneficios que otorgan a la sociedad.

Pero el tránsito de las hormigas tiene varias diferencias con el de los humanos. En primer término, las hormigas que circulan por un camino pertenecen a la misma colonia y tienen un objetivo común: ir a buscar alimento y llevarlo al nido. Los vehículos o personas, pese a ser parte de la misma sociedad, tienen objetivos e intereses particulares, que pueden ser distintos del común. En ambos casos, sin embargo, los comportamientos individuales que reducen retrasos benefician finalmente al conjunto de la sociedad.

Los humanos normalmente priorizamos los objetivos individuales por sobre los sociales y con ello producimos (no siempre) beneficios individuales y (casi siempre) costos sociales como embotellamientos. Las hormigas parecen comportarse de manera más cooperativa. Las reglas de tránsito en las sociedades humanas se basan en imposiciones externas, vigilancia de la autoridad y penalidades, mientras que las reglas de tránsito en las sociedades de hormigas carecen de esos elementos, se basan en intercambio de información y poseen mecanismos de retroalimentación que benefician a la sociedad, como un menor acarreo de cargas exageradamente grandes en situaciones de alto flujo.

Pero las hormigas no enfrentan las limitaciones mecánicas que rigen para los humanos y sus vehículos. Por ejemplo, por su pequeña masa y reducida inercia pueden chocar sin lastimarse. Una hormiga puede adelantarse a otra simplemente pasándole por encima sin dañarla, capacidad que no tenemos ni hemos dado a nuestros vehículos. Esto acarrea grandes diferencias de comportamiento, pues mientras los humanos intentan evitar colisiones, las hormigas chocan sin dañarse y sacan provecho del choque, ya que les permite intercambiar información en forma instantánea y partir nuevamente a toda velocidad.

Las hormigas no solo tienen la capacidad de comunicarse mediante esos choques; también lo hacen generando unas sustancias químicas llamada feromonas, que liberan a su paso y sus congéneres detectan al transitar por el lugar. Esa información generada en forma individual facilita el comportamiento del grupo, pues guía, proporciona avisos y regula las conductas de sus integrantes.

Realizar estudios comparativos que tomen en cuenta tanto las semejanzas como las diferencias entre las sociedades humanas y las de hormigas puede ser muy esclarecedor. No solo puede ayudar a encontrar soluciones alternativas para mejorar los problemas de tránsito en las sociedades humanas, sino también a comprender mejor cómo conjuntos de muchos individuos resuelven sus conflictos. CH

Salvo indicación contraria, las fotos que ilustran esta nota fueron tomadas por el autor.

LECTURAS SUGERIDAS

BURD M *et al.*, 2002, 'Traffic dynamics of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*', *American Naturalist,* 159: 283-293.

FARJI-BRENER AG *et al.*, 2011, 'The *truck-driver* effect in leaf-cutting ants: how individual load influences the walking speed of nest-mates', *Physiological Entomology,* 36: 128-134.

– *et al.*, 2012, 'Leaf-cutting ants as road engineers: the width of trails at branching points in *Atta cephalotes*', *Insectes Sociaux*, 59: 389-394.

FOURCASSIÉ V, DUSSUTOUR A & DENEUBOURG J L, 2010, 'Ant traffic rules', *Journal of Experimental Biology,* 213: 2357-2363.

HÖLLDOBLER B & WILSON EO, 2011, *The Leafcutter Ants. Civilization by instinct*, W & W Norton, Nueva York.

Alejandro G Farji-Brener

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el Laboratorio Ecotono, INIBIOMA, UNComahue-Conicet.
Profesor adjunto, UNComahue.
alefarji@yahoo.com

Federico Coluccio Leskow
Instituto de Química Biológica,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
UBA-Conicet

De huevos, pollos, gallos y gallinas

Todos en algún momento nos topamos con la capciosa pregunta de qué fue primero, el huevo o la gallina. Ante ella, podemos intentar entender la índole del dilema lógico que plantea ese razonamiento circular de causa y efecto. O podemos pasar del mundo de la razón abstracta al de la biología y los seres vivos concretos, e imaginar la larga cadena de ancestros del pollo que estamos a punto de comer, con lo que nos encontraremos reflexionando sobre la evolución de las especies y tratando de refrescar la memoria de nuestras lecturas de Charles Darwin. Si tenemos la inclinación de ir más lejos por esa vía, terminaremos enfrentándonos, como muchos filósofos de tiempos pasados, con la incógnita del origen de la vida.

La biología moderna permite escapar del dilema lógico encerrado en la proverbial pregunta y hacer un ejercicio de reconstrucción filogenética y de mapeo de caracteres, por el que descubrimos que el huevo apareció en el ancestro común a mamíferos, reptiles y aves, millones de años antes que las gallinas. Según este razonamiento, entonces, el huevo fue primero que la gallina.

Un hecho relativamente sencillo de comprender, señalado por las teorías que explican la evolución biológica y confirmado por el registro fósil y por los recientes datos genómicos, es que la especie zoológica a la que pertenece la gallina doméstica hizo su aparición por la acción humana como descendiente de ancestros silvestres. Esos mismos ancestros, a su vez, habían irrumpido en su momento entre los seres vivos como descendientes de especies que los antecedieron, aunque guiados por la selección natural y sin intervención de selectores humanos.

Algunos individuos salvajes seguramente presentaron caracteres que permitieron esa domesticación, y a partir de los cuales comenzó su evolución bajo la guía humana, que fue seleccionando los caracteres hasta llegar a las variedades que existen hoy en día. La domesticación de

¿DE QUÉ SE TRATA?

La historia evolutiva que llevó a la aparición de un linaje domesticable en una población de gallos silvestres, y dio origen a los pollos y huevos que hoy consumimos, nos ayudaría a proteger a la especie de aves más abundante del planeta de los riesgos de la uniformidad genética alcanzada por su cría en gran escala.

cualquier especie animal implica la selección de cambios heredables que den lugar a las características físicas y las conductas deseadas por los humanos.

En esta nota, sin embargo, no nos proponemos tomar ninguna de esas rutas de deliberación sino encaminarnos por los territorios más prosaicos a los que nos llevó haber advertido circunstancialmente una noticia difundida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): que el stock mundial de las aves domésticas en cuestión alcanzaba en 2010 a unos 20 mil millones de individuos, es decir, a tres veces la población humana.

Si el hecho de que haya tres pollos o gallinas vivos por cada hombre, mujer y niño nos resulta impresionante, no lo es menos constatar que por año la humanidad cría y consume cerca de 56 mil millones de pollos, o casi ocho por cada ser humano, además de unos 1,2 billones de huevos (171 por persona), como se aprecia en los cuadros. Se prevé que estos números aumenten, sobre todo por el crecimiento económico que se anticipa en el África sudsahariana y en el sudeste y el este asiáticos. Pollos y huevos representan hoy la mayor fuente de proteína animal de la dieta humana y son objeto de una millonaria industria alimentaria.

Existe acuerdo entre los genetistas en que esta enorme población aviar desciende esencialmente de una especie silvestre asiática. Como no es raro que la taxonomía o sistemática animal designe a las especies con el nombre del macho, en nuestro caso esa especie de la que provienen los huevos que comemos, las gallinas que los ponen y los pollos que nacen de ellos fue llamada por Carl Lineo en el siglo XVIII *Gallus gallus* (por el nombre del gallo en latín, *gallus*). Oriunda de regiones tropicales del sudeste de Asia, pertenece a la familia de los faisánidos y se estima que su domesticación pudo haber ocurrido en su área natural de dispersión hace entre unos 4000 y unos 8000 años (la fecha varía según distintos especialistas), posiblemente a partir de la subespecie *Gallus gallus bankiva* o gallo bankiva, conocido en inglés por el nombre *red jungle fowl*. Del Asia tropical la variedad doméstica (a veces denominada *Gallus gallus domesticus*) se habría diseminado gradualmente a todo el mundo.

Si bien hay quienes apoyan la idea de que la domesticación ocurrió una sola vez, otros presentan evidencias de que aconteció en varios lugares en forma independiente. También se considera que la especie doméstica actual pudo haber recibido aportes genéticos de otras especies del género *Gallus*, como el gallo gris (*Gallus sonnerati*), natural de la India, o de diferentes subespecies de *Gallus gallus*. Incluso, no se descarta que la especie silvestre originaria se haya extinguido y que el actual gallo bankiva silvestre sea una cruza de gallos domésticos con subespecies salvajes.

Esta historia intrigó al propio Darwin, quien se preguntó dónde y cuándo se produjo la domesticación. Erasmus Darwin, su abuelo, fue unos de los primeros en postular que el gallo doméstico desciende del bankiva. El nieto estudió detalladamente esa ave y concluyó que habría sido domesticada en algún lugar de la India y de ahí distribuida al mundo.

Sin entrar en detalles sobre las diferencias entre las cuatro especies del género *Gallus* que hoy registra la ornitología, se puede afirmar que el actual gallo silvestre habita un área comprendida entre las mesetas del Himalaya y la isla de Sumatra, como lo indica el mapa. Su tamaño es la mitad de una gallina ponedora y, a diferencia de la especie doméstica, sus machos exhiben un plumaje muy elaborado. Las hembras carecen de cresta y ambos pueden volar distancias considerables. Viven de día en el suelo de la selva, donde se alimentan de insectos, semillas y frutos, pero duermen por las noches sobre los árboles, con lo que escapan de muchos predadores. Si

Consumo anual de carne de pollo (datos de 2010 publicados por la FAO)

	Millones de pollos faenados	Millones de toneladas de carne consumidas	Kg de carne consumida por persona
Mundo	55.551	86,0	12
Europa	8.944	14,0	28
Estados Unidos	8.790	17,0	53
China	8.155	12,0	9
Sudamérica	7.897	16,0	41
África	3.694	4,4	4
Argentina	615	1,6	40

Consumo anual de huevos (datos de 2010 publicados por la FAO)

	Millones de huevos consumidos	Millones de toneladas de huevo consumidas	Huevos consumidos por persona
Mundo	1.197.137	64,0	171
China	476.497	24,0	352
Europa	177.964	11,0	355
Estados Unidos	91.557	5,4	305
Sudamérica	74.620	3,9	192
África	55.570	2,7	55
Argentina	9.017	0,5	225

bien pequeños, son muy agresivos, razón por la cual en el sur de Asia son codiciados como animales de riña. En Vietnam, por ejemplo, un gallo silvestre puede valer más de cien dólares en el mercado ilegal. Por ello su caza, sumada al avance de las poblaciones humanas sobre su hábitat natural, está poniendo a sus poblaciones en riego de extinción.

Aunque la domesticación no debe haber sido tarea fácil, dado que en estado silvestre son aves en extremo esquivas a los humanos, una vez domesticadas terminaron siendo sumamente dóciles, además de versátiles como fuente de carne y huevos, lo mismo que de entretenimiento por sus peleas y como objeto de sacrificios rituales. Su docilidad, facilidad de manejo y de transporte, junto con su capacidad de alimentarse de casi cualquier cosa, hizo que la cría de pollos y gallinas se dispersase de forma muy rápida entre las poblaciones humanas y fuese adquiriendo creciente peso en la alimentación de estas.

Ejemplar macho de la especie silvestre *Gallus gallus*. Adviértase que este individuo tiene un colorido menos vistoso que la mayoría de sus pares. Foto sxc.hu

Lo último condujo a que, a lo largo del siglo XX, en especial durante su segunda mitad, la producción de huevos y pollos adquiriera carácter intensivo y se generalizaran en todos los países formas de criaderos-fábrica, cada vez más grandes y eficientes, que hoy son responsables de alrededor del 70% de esa producción. La cara positiva de esos criaderos es que permitieron alcanzar las cifras indicadas en los cuadros citados al comienzo, y que hacen una contribución significativa, tanto en términos de cantidad y calidad como de costo, a alimentar la población mundial en toda época del año. Y no menos significativa es su contribución a crear empleos y a volcar sobre las economías una importante demanda de los bienes y servicios que constituyen sus diversos insumos.

Pero también hay una cara menos positiva, relacionada con los riesgos ambientales y sanitarios asociados con toda producción intensiva, sea agrícola, minera o industrial. De esos peligros, no analizaremos acá los relacionados con el uso de antibióticos u otras sustancias químicas, ni con el destino de los desperdicios originados en los criaderos. Tampoco abordaremos los aspectos éticos del tratamiento de animales sujetos a cría intensiva. Centraremos nuestra atención en un problema quizá menos evidente y de comprensión menos intuitiva, cuyas consecuencias futuras son difíciles de estimar. Nos referimos a que el proceso de domesticación trajo aparejado la pérdida de diversidad genética de pollos y gallinas, que podría poner en peligro el futuro de su especie y hasta comprometer la salud de la humanidad.

Concretamente, la domesticación de esas aves y la búsqueda de razas cada vez más dóciles y productivas condujeron a que sus poblaciones domésticas exhiban genomas crecientemente uniformes o, en otras palabras, llevaron a que tengan menor variabilidad genética. Este último rasgo se asocia con la robustez de las poblaciones, la cualidad que les permite sobrevivir, adaptarse a cambios ambientales y resistir las presiones de la selección natural; consecuentemente, les posibilita evolucionar. Las poblaciones con baja diversidad genética, como la producida por la crianza en cautiverio, tienen una baja adaptabilidad y quedan expuestas a riesgos de salud que podrían ponen en peligro su supervivencia.

Hoy nos encontramos con criaderos cuyos miles de animales son genéticamente poco menos que idénticos, y casi idénticos también a los restantes criaderos del mismo país e incluso de otros países. Tienen así características óptimas en cuanto a calidad de carne y huevos, lo mismo que a tiempo de crecimiento. Su producción, enteramente estandarizada, es en extremo confiable en cuanto a los aspectos mencionados de cantidad, calidad y precio.

Pero un efecto indeseado de esto, que podría convertirse en perjudicial, es que cualquier enfermedad infecciosa que contraigan unos pocos individuos cuyo sistema inmune no sea capaz de atacarla podría convertirse con escasa demora en epidemia, pues todos los demás indi-

viduos estarán igualmente indefensos, a diferencia de lo que ocurriría en una población genéticamente más diversa. En una situación así, literalmente millones de pollos y gallinas podrían sucumbir de un día para otro, así como en 1845 y por igual razón se perdió la cosecha entera de papas en Irlanda, con trágicas secuelas para los habitantes de ese país.

En años recientes hemos sufrido las consecuencias del peligro señalado. Los brotes de gripe en humanos producidos por mutaciones del virus de influenza aviar, que aparecieron en diversos sitios de Asia y se extendieron aisladamente a otros países, ocasionaron la muerte de cientos de personas, además de la de millones de pollos, con las consiguientes altísimas pérdidas económicas. Esto alertó a la comunidad científica y la llevó a investigar comparativamente la información genética de los pollos de criadero y de sus ancestros salvajes, con el fin de identificar las mutaciones que condujeron a la domesticación, y encontrar herramientas que permitan revertir la disminución de la variabilidad genética.

El pollo doméstico fue la primera ave y el primer animal de criadero cuyo genoma se secuenció (en 2004). Tiene, como las aves en general, un genoma menos extenso que el de los mamíferos, con la particularidad de que, en oposición a estos (incluidos los humanos), los machos tienen sus dos cromosomas sexuales iguales y las hembras, distintos. Se postula que la determinación del sexo por cromosomas se produjo en la línea evolutiva de las aves en forma independiente de la acaecida en la línea evolutiva de los mamíferos, grupos cuyo último ancestro común parece datar de hace más de 300 millones de años.

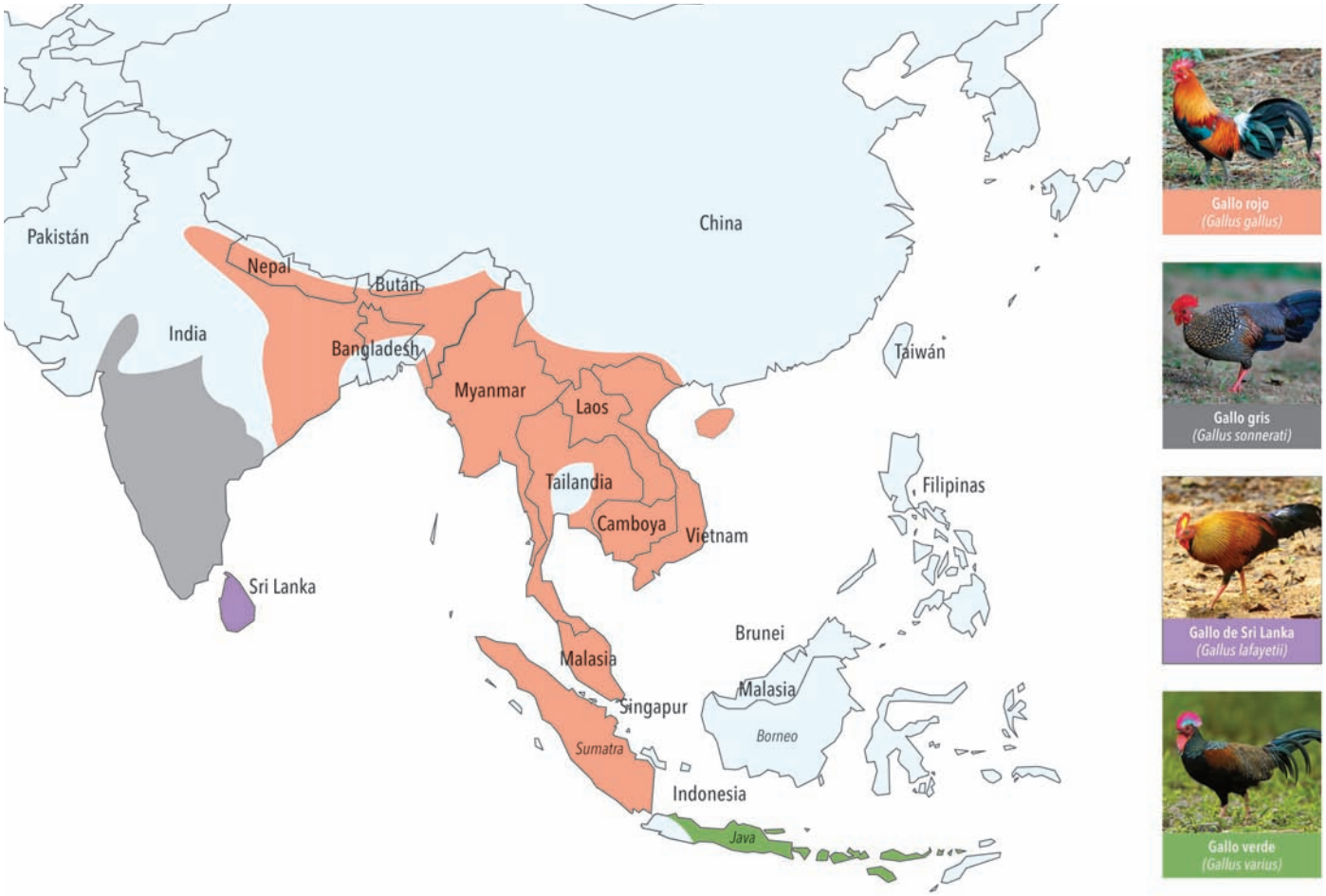
Actualmente se está llevando a cabo el análisis de la secuencia del genoma del gallo bankiva para compararlo con el de sus parientes domésticos y comprender la historia evolutiva de las poblaciones domésticas y salvajes, lo que, dicho sea de paso, bien podría llevar a redefinir la taxonomía hoy vigente. A pesar de sus diferencias, el actual gallo bankiva puede cruzarse con variedades domésticas y dar descendencia fértil, lo que permitiría aumentar la variabilidad genética de las gallinas y los pollos de criadero. Motivados por esa potencial fuente de nuevos genes, investigadores de distintos países están buscando en el sur de Asia poblaciones silvestres que hayan estado aisladas de contacto con especies domésticas. También buscan con igual propósito secuenciar el ADN de restos de especímenes antiguos, o hallados en excavaciones arqueológicas, conservados en museos. De estos análisis se intenta, además, encontrar las mutaciones responsables de los cambios que hicieron posible la domesticación y las modificaciones genéticas que llevaron al mejoramiento de la producción de pollos y huevos.

Ejemplar hembra de la especie silvestre *Gallus gallus.* Foto JJ Harrison

Ejemplar de la especie silvestre *Gallus sonnerati*, grabado por Wyman & Sons Ltd. y publicado en William Robert Ogilvie-Grant, 1897, *A hand-book to the gamebirds*, vol. 2, Edward Lloyd Ltd., Londres.

Criadero factoría en el estado de Carolina del Sur. Foto Susan Griggs Photography

Criadero factoría en Kampala. Foto National Agricultural Advisory Services de Uganda



Área de dispersión de las cuatro especies actuales de gallos silvestres según Andrew Lawler ('In search of the wild chicken', *Science*, 338, 23 de noviembre de 2012).

Curiosamente, pese a que gallinas y pollos domésticos acompañaron a la humanidad a lo largo de milenios, hasta hace pocos años sus huesos estuvieron ausentes de las listas de hallazgos de excavaciones arqueológicas. Esto se debe, posiblemente, a que nadie les prestaba atención. Pero las cosas están cambiando y en tiempos recientes se han dado a conocer análisis de material genético recogido de huesos de pollos encontrados en excavaciones de asentamientos que datan de más de 4000 años. Como consecuencia de esos descubrimientos, se produjeron controversias sobre la fecha y el lugar de domesticación del gallo que reavivaron la discusión sobre el posible ancestro único de la actual especie doméstica versus el aporte genético de distintas especies o subespecies de gallos silvestres.

Actualmente los esfuerzos de los investigadores apuntan a obtener la mayor cantidad de información genética posible acerca de las variedades de gallos salvajes y domésticos, para lograr una visión global de los cambios hereditarios entre poblaciones y las consecuencias que tuvo la domesticación sobre el genoma de la principal fuente de proteína animal de la humanidad.

Como se aprecia, es importante conocer la historia y los orígenes del gallo para poner a salvo huevos, pollos y gallinas. En otras palabras, ni el gallo escapa al dilema del huevo o la gallina. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ADLER J & LAWLER A, 2012, 'How the chicken conquered the world', *Smithsonian,* junio, accesible en *http://www.smithsonianmag.com/history-archaeology/How-the-Chicken-Conquered-the-World.html.*

SORENSEN RA, 1992, 'The egg came before the chicken', *Mind,* 101, 403:541-542, julio.

STOREY AA, *et al.*, 2012, 'Investigating the global dispersal of chickens in Prehistory using ancient mitochondrial DNA signatures', *PLoS ONE,* 7, 7, julio.

WELLCOME TRUST SANGER INSTITUTE, 2004, 'Chicken genome sequenced', accesible en *http://genome.wellcome.ac.uk/doc_WTD020725.html.*

Federico Coluccio Leskow

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador adjunto del Conicet.
Profesor adjunto del departamento de ciencias básicas, UNLU.

Renata Hiller
Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, UBA

El activismo de la diversidad sexual en la Argentina

En los últimos años hemos asistido en la Argentina a una serie de reformas legislativas que brindaron reconocimiento a gays, lesbianas, travestis y transexuales. La Argentina se convirtió, gracias a ellas, en uno de los pocos países del mundo que brinda tratamiento equitativo a las parejas homosexuales. También permite el cambio de nombre y sexo en los documentos de identidad sin someter a quienes los solicitan a evaluaciones médicas o judiciales.

Estas transformaciones han sorprendido a muchos en un país que por lo general creía ser machista y homofóbico. La atención de esta nota se orienta hacia quienes, en años de lucha y militancia, propugnaron esos cambios, aunque muchas veces no llegaron a verlos. La historia del activismo de la diversidad sexual en la Argentina permite comprenderla como parte de un proceso de largo alcance, en el que la movilización de los grupos nombrados se mezcla y superpone con sucesos políticos de más amplio espectro: la democratización, los cambios en las funciones del Estado, las redefiniciones internas del peronismo y la crisis de fines de 2001, todo lo cual ayuda a entender una historia que sigue escribiéndose.

Después de los duros años de dictadura

En la Argentina, la politización de las identidades sexuales data de fines de la década de 1960 e inicios de la de 1970, cuando se organizaron los grupos iniciales de defensa y reivindicación de la disidencia sexual. Entre las primeras organizaciones de homosexuales se contó Nuestro Mundo, creada en 1969 por militantes comunistas expulsados del partido por su condición sexual. Algunos de ellos confluyeron en 1971 en el Frente de Liberación Homosexual, grupo que se acercó a las filas del peronismo, el que no los recibió del todo bien. En el lesbianismo existió una tradición de reivindicaciones, ligada a movimientos feministas cuyos grupos paradigmáticos en la década de 1970 fueron la Unión Feminista Argentina y el Movimiento de Liberación Femenina.

La dictadura militar que detentó el gobierno entre 1976 y 1983 –llamada entonces Proceso de Reorganización Nacional– obstaculizó la acción de esas organizaciones y generó una ruptura en la trayectoria de su

¿DE QUÉ SE TRATA?

El activismo de la diversidad sexual se ha incorporado a la vida política argentina y produce cambios en la comprensión que la sociedad va teniendo de sí misma.

activismo. Perseguidos por su condición sexual o genérica y muchas veces, además, por sus actividades políticas, gremiales, académicas o profesionales, muchos homosexuales, lesbianas y travestis sufrieron la represión del Estado: fueron detenidos en comisarías, cárceles o centros clandestinos, y otros desaparecieron y continúan desaparecidos. Algunos se refugiaron en el exilio o en el ocultamiento. El informe de la Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas, publicado como *Nunca más* (Eudeba, Buenos Aires, 2006), no relevó específicamente la suerte de personas homosexuales, por lo que no existen precisiones sobre su cantidad y la modalidad de su persecución. Para registrar esos casos, en 2011 se creó el Archivo de la Memoria de la Diversidad Sexual, en el marco del Instituto Espacio de la Memoria.

A partir de la restauración del régimen constitucional en 1983 tuvieron lugar varios acontecimientos que conformaron un escenario diferente para el activismo de la diversidad sexual: la expansión de diversos movimientos de defensa de los derechos civiles, la politización de la intimidad a partir de las reivindicaciones feministas, debates en torno a la patria potestad compartida y el divorcio vincular, más la creciente visibilidad de la diversidad sexual debida a los reclamos de intervención estatal de algunos de estos grupos por la difusión del VIH/SIDA.

En el nuevo contexto democrático se hizo posible reclamar que cesaran la discriminación y la represión, y se abrió el acceso a apoyos internacionales, tanto financieros como de otro tipo. Como señaló Ernesto Meccia en una publicación que se incluye entre las lecturas sugeridas, entre los reclamos exteriorizados en los años inmediatamente posteriores a 1983 por los grupos que nos ocupan se contaron el cese de las razias policiales en sus lugares de reunión, de la discriminación en los ámbitos de trabajo, de las detenciones extorsivas en las calles, de la prohibición de entrar en albergues transitorios, de la penalización por circular en público con ropas del sexo opuesto y de la clausura de locales bailables.

Si bien el discurso de derechos humanos permeaba entonces la sociedad y potenciaba alianzas entre organizaciones, el clima de represión y hostigamiento para con lesbianas y homosexuales se mantenía. En 1984, luego de una fuerte razia policial se convocó a una asamblea en la discoteca Contramano, en la que se creó la Comunidad Homosexual Argentina (CHA), la que se autocalificó de organización de derechos humanos y adoptó como lema 'El libre ejercicio de la sexualidad es un derecho humano'.

Esta primera consigna de la nueva entidad expresó la idea de que la homosexualidad es una de las posibles variantes de la sexualidad, e inscribió las demandas de los grupos a los que nos hemos venido refiriendo en el campo más general de los derechos humanos. En un documento de la década de 1980 sostuvo:

> *La discriminación a causa de nuestra sexualidad trae aparejado el surgimiento de los movimientos de liberación sexual [...] que deben ser entendidos como movimientos de afirmación a partir de la sexualidad en la que estamos plantados, pero a la que, finalmente, desbordan. Toda minoría sexual discriminada, oprimida y reprimida (como nosotros, los homosexuales) parte*

Marcha de orgullo gay en Buenos Aires el 17 de noviembre de 2007. Adviértanse las siglas LGBT (por lesbianas, gays, bisexuales y transgéneros) en la bandera blanca que enarbola la persona del centro. Foto Wikimedia Commons

de la sexualidad en la que se trata de colonizarla para llegar, en definitiva, a otras afirmaciones, reinventando un propio tipo de existencia política, económica, ética y cultural.

En sus primeros años de vida, la CHA procuró mostrar que los homosexuales estaban presentes en todos los ámbitos sociales, y destacar las similitudes entre homosexuales y heterosexuales. Destacó que las aspiraciones y preocupaciones de los primeros estaban en sintonía con las del resto de la sociedad, y se inscribían en un pasado compartido por personas que, en palabras de uno de sus dirigentes, Carlos Jáuregui, *transitamos junto a usted los duros años de dictadura*.

Las demandas de la época giraban en torno a derechos negativos, es decir, aquellos que no exigen acciones particulares sino que protegen a las personas de la intervención estatal o de instituciones diversas, como empresas, entidades religiosas u organizaciones médicas. Los reclamos podían sintetizarse en la insistencia de que el Estado no se entrometiera en prácticas que no afectasen el orden público. Las banderas enarboladas fueron el fin de la discriminación, de la represión y de las persecuciones. El camino para llevar adelante esas reivindicaciones fue hacer visibles a los damnificados, ante el Estado, los partidos políticos, los medios de comunicación y la sociedad en general.

VIH, sida y desatención estatal

Hacia mediados de la década de 1980, un nuevo desafío influyó de manera definitiva –y no desprovista de contradicciones– en el movimiento de la diversidad sexual: la difusión del VIH y del sida. Sus primeros efectos fueron el desconcierto, el terror y la discriminación; más tarde se pusieron en marcha los tratamientos y las campañas de prevención y de defensa de los derechos de las personas afectadas.

Las respuestas comunitarias a la epidemia implicaron nuevos vínculos de las organizaciones de la diversidad sexual con el Estado, negociados en el marco de las políticas neoliberales de la época. Así, muchas agrupaciones se convirtieron en prestadoras de servicios de prevención y procuraron adoptar las formas jurídicas y administrativas de las organizaciones no gubernamentales profesionalizadas y, en algunos casos, despolitizadas. Según palabras citadas en una de las lecturas sugeridas (Figari *et al.*, 2008), la organización no gubernamental o ONG

...devino la matriz institucional por excelencia de las organizaciones homosexuales, particularmente las dedicadas a la prevención del sida [...] híbrido de ente paraestatal, organización filantrópica, club, grupo de presión y empresa de servicios, tuvieron su auge a partir de las reformas neoliberales de las décadas de 1980 y 1990.

Marcha de orgullo gay en Buenos Aires el 7 de noviembre de 2009. Las inscripciones sobre los colores adoptados como estandarte por los movimientos LGBT ejemplifican las relaciones entre esos movimientos y partidos políticos. Foto blmurch's photostream

A la vez, el sida contribuyó a que temas de los que no se hablaba fueran incorporados a las agendas públicas. Gays y lesbianas se hicieron visibles en la prensa escrita y en la televisión para hablar de la epidemia, y para poner rostro y voz a historias que por primera vez comenzaron a contarse en primera persona en los medios. La epidemia también aceleró el debate sobre el estatus jurídico y sobre la protección social de parejas no casadas y de parejas homosexuales. Como un ejemplo entre tantos, el informe anual de 1998 de la Comunidad Homosexual Argentina relata el caso de una pareja homosexual que había convivido durante casi diez años, al cabo de los cuales falleció uno de sus integrantes. En esas circunstancias, el sobreviviente se vio muy limitado para hacer valer ante los hermanos del otro los que consideraba sus derechos sobre los bienes que habían sido de ambos.

En esos años se presentaron los primeros proyectos de ley para brindar reconocimiento legal a esas parejas. El mencionado Jáuregui afirmó en la prensa: *Años atrás, la represión policial era nuestra principal preocupación. A partir de la epidemia del sida, nuestro mayor problema es la herencia* (entrevista en *Página* 12 aparecida el 14 de febrero de 1994, citada por Mabel Bellucci).

Marchas y contramarchas

En la década de 1990 se produjo también la formalización jurídica de las organizaciones de la diversidad sexual. En 1992, luego de una larga batalla judicial llevada adelante con apoyo de entidades internacionales, la Comunidad Homosexual Argentina obtuvo personería jurídica como asociación civil sin fines de lucro. Ese derecho le había sido denegado por la Inspección General de Justicia en 1989 con el argumento de que no contribuía al bien común. La Cámara de Apelaciones y un

primer fallo de la Corte Suprema avalaron esa postura. Posteriormente, una manifestación de protesta en los Estados Unidos en ocasión de una visita del presidente Carlos Saúl Menem, organizada por activistas de ese país (incluidos varios argentinos que se habían refugiado allí durante el gobierno militar), precipitó su otorgamiento.

A la vez, esa década estuvo signada por la emergencia de nuevos grupos, algunos integrados por personas con otras identidades sociosexuales, como travestis o transexuales, que comenzaban también a organizarse y agruparse. Una protagonista de esa diversificación, la activista travesti Lohana Berkins, manifestó, según se cita en una de las lecturas sugeridas (Maffía):

> *En la década de 1990, cuando las travestis comenzamos a alzar nuestra voz en público y a organizarnos, decidimos que una de las primeras cuestiones en las que teníamos que concentrar nuestros esfuerzos colectivos era en resignificar el término travesti, que hasta el momento tenía connotaciones negativas* [...] *como sinónimo de sidosa, ladrona, escandalosa, infectada, marginal. Nosotras decidimos darle nuevos sentidos* [vinculados] *con la lucha, la resistencia, la dignidad y la felicidad.*

En 1992 se realizó la primera marcha gay y lésbica en Buenos Aires, que reunió a unas trescientas personas, algunas con sus rostros tapados por máscaras, ya que no querían ser reconocidas por superiores o colegas de trabajo, familiares u otros. Desde entonces esas marchas tienen lugar cada año y se repiten en cada vez en más ciudades del país. Constituyen el momento de mayor visibilidad del movimiento y evidencian la existencia de redes entre personas y organizaciones. Esta permanencia de un vínculo mediante lazos de solidaridad y la organización de acciones en momentos de conflicto muestran que la comunidad construye un nosotros para la acción colectiva.

Sin embargo, es un nosotros no exento de tensiones y conflictos, generados, por ejemplo, por adquirir una representación política legítima para actuar ante el Estado, ante organizaciones nacionales e internacionales y ante los mismos miembros de las comunidades sexuales. Esas tensiones se vieron incrementadas durante la década de 1990 y los primeros años de la siguiente por las contradicciones que percibían los grupos que –sin acuerdo unánime– se terminaron llamando LGBT (por lesbianas, gays, bisexuales y transgéneros). Por un lado, la Constitución y la Ley de Unión Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, entre otros instrumentos, dieron cierto reconocimiento jurídico a gays y lesbianas, y la CHA accedió a la personería jurídica. Por otro lado, sin embargo, otros grupos, como las travestis, continuaban siendo objeto de represión por parte de las fuerzas públicas y de una sistemática discriminación y violación de derechos.

En las provincias, en los partidos políticos y en el Estado

El nuevo siglo se inició en la Argentina con la crisis económica y política de 2001, que culminó con el estruendo de las cacerolas y el 'que se vayan todos'. Ese contexto de descrédito de las instituciones llevó a los movimientos sociales a incorporarse de varias maneras a la vida política formal, algo en que también participó el activismo de la diversidad sexual. Lo hizo articulándose con actores sociales como las asambleas barriales y los movimientos territoriales, así como estableciendo vínculos con partidos políticos, los cuales comenzaron a incluir estas nuevas temáticas en sus programas, hasta entonces ajenos a ellas.

Para el movimiento LGBT fueron años de crecimiento y expansión. Sus organizaciones adquirieron protagonismo en cada vez más provincias, se reunieron en federaciones y se vincularon entre ellas por los nuevos canales de comunicación, que les permitieron compartir experiencias, denuncias y discusiones. Esta creciente federalización del activismo de la diversidad sexual resultó crucial, por ejemplo, cuando se discutió la Ley de Matrimonio Igualitario, especialmente cuando el debate pasó a la cámara de senadores y se realizaron audiencias públicas en varias provincias. En esa ocasión los activistas locales llamaban a los

Marcha de orgullo gay en Buenos Aires el 7 de noviembre de 2009. Pancarta de una de las organizaciones emblemáticas de las reivindicaciones de igualdad sexual desplegada en la Plaza de Mayo, en el inicio de la diagonal Norte, durante la marcha de 2009. Foto blmurch's photostream

senadores de la provincia y les hacían sentir que tenían que dar explicaciones a la gente sobre cómo votarían.

A pesar de que varios de los primeros grupos de homosexuales surgieron en el marco de organizaciones comunistas o del peronismo, sus lazos con dichas entidades políticas no se mantuvieron. Las relaciones entre el movimiento de la diversidad sexual y los partidos políticos fueron por lo general frías durante las décadas de 1980 y 1990. Pero desde fines de la segunda, algunos partidos se propusieron abordar en forma explícita y separada las cuestiones de diversidad sexual. Así aparecieron un grupo LGBT en el Partido Socialista, Jóvenes por la Igualdad en el ARI-Coalición Cívica y La Cámpora Diversia, entre otros.

Vigilia frente al Congreso Nacional a favor de la ley de matrimonio igualitario, en la madrugada del 15 de julio de 2010. Foto www.esacademic.com

La conformación de estos grupos indica también que se han hecho visibles las identidades gays y lesbianas dentro de los partidos, igual que en organizaciones como sindicatos, centros de estudiantes y otras. Ello condujo a dobles militancias –en la organización de la diversidad sexual y en la otra–, e incluso a la constitución de grupos que intentaron combinar ambas en configuraciones novedosas, como los 'Putos peronistas'.

Un tercer elemento que modificó las características del movimiento de la diversidad sexual fue la imbricación de sus activistas y organizaciones en agencias estatales. Especialmente a partir de 2003, cuando Néstor Kirchner resultó electo presidente de la República, la política del gobierno consistió en incorporar a miembros de organizaciones sociales a la estructura del Estado. El movimiento de la diversidad sexual participó en ese proceso, al que se llegó a caracterizar con la imagen de un Estado poroso.

Ejemplos de esa porosidad estatal son la participación del Foro de Organizaciones de la Sociedad Civil en el Instituto Nacional contra la Discriminación, la Xenofobia y el Racismo (INADI), los cuales llevaron a las agencias estatales varias demandas vinculadas con la diversidad sexual. En ese espíritu, municipios como el de Rosario o Morón crearon secretarías de diversidad e incorporaron a su personal cuadros políticos y técnicos de las organizaciones de la diversidad sexual.

Lo que vendrá

No es posible establecer de antemano qué nuevas demandas hará el activismo de la diversidad sexual ni qué proyectos concebirá. Hay en él quienes señalan con desconfianza viejas y nuevas exclusiones, o propugnan por hacer efectivos derechos básicos, como el acceso a la salud, a la educación, a la vivienda y al trabajo, o quienes suman sus voces y sus acciones a las demandas del movimiento feminista, por ejemplo, a la descriminalización del aborto. El futuro es largo y, como siempre que existe la política, la creación de lo nuevo está por venir. CH

Renata Hiller

Doctora en ciencias sociales, UBA.
Jefa de trabajos prácticos, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.
renhiller@gmail.com

LECTURAS SUGERIDAS

BELLUCCI M, 2010, *Orgullo. Carlos Jáuregui, una biografía política*, Emecé, Buenos Aires.

BROWN S, 2002, '*Con discriminación y represión no hay democracia*: The Lesbian Gay Movement in Argentina', *Latin American Perspectives*, 29, 2: 119- 138, *Gender, Sexuality, and Same-Sex Desire in Latin America*.

COMUNIDAD HOMOSEXUAL ARGENTINA, 1998, *Informe anual sobre violaciones a los derechos humanos y civiles en la República Argentina basadas en la orientación sexual de las personas y de las personas que viven con VIH/sida,* disponible en *http://www.cha.org.ar/ listado-articulos.php?menu=10&cat=41*.

FIGARI C, PECHENY M y JONES D (eds.), 2008, *Todo sexo es político. Estudios sobre sexualidades en la Argentina*, El Zorzal, Buenos Aires.

MAFFÍA D (ed.), 2003, *Sexualidades migrantes, género y transgénero*, Feminaria, Buenos Aires.

MECCIA E, 2006, *La cuestión gay. Un enfoque sociológico*, Gran Aldea, Buenos Aires.

Amaicha Depino
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias,
UBA-Conicet

Animales modelo y el estudio del autismo

Muchos investigadores utilizan animales para estudiar los procesos biológicos. Eso se denomina emplear *modelos* animales. Quienes trabajan en enfermedades psiquiátricas se plantean a menudo preguntas como ¿podemos encontrar o criar ratones autistas, ratas esquizofrénicas, ratones depresivos? Desde hace años se emplean modelos animales y cultivos celulares para estudiar enfermedades como el cáncer, pero cuando se trata de dolencias de la mente impera cierto escepticismo sobre su efectividad.

Esto no es nuevo. Las enfermedades psiquiátricas siempre fueron difíciles de estudiar científicamente. Antes de la aparición de técnicas que hacen visible el funcionamiento del cerebro, como la resonancia magnética, ese órgano humano era analizado como si se tratara de la proverbial caja negra, que brinda determinadas respuestas a estímulos externos, pero no se sabe cómo produce esos resultados. El único acercamiento al cerebro en el pasado eran los estudios histológicos post mórtem, cuando ya sus células no vivían.

Siglos de investigaciones de la conducta animal permitieron no solo comprender algunas de las bases neuronales de comportamientos básicos –como la búsqueda de comida, la respuesta a un predador o el apareamiento– sino, también, comenzar a formular hipótesis acerca de qué estructuras y mecanismos similares a los que emplean los animales participan de las respuestas del propio cerebro humano al hambre, al peligro y al deseo. Fue probablemente en ese momento cuando la neurobiología dio un gran paso adelante en la comprensión de numerosos fenómenos.

El autismo y los modelos animales

El concepto de autismo ha cambiado considerablemente desde 1943, cuando el psiquiatra norteamericano (nacido en lo que hoy es Ucrania) Leo Kanner (1894-1981), de la Universidad Johns Hopkins, lo definió por vez primera. En ese momento se consideró que el autismo consistía en la respuesta del niño a la privación materna o a alteraciones en la relación madre-hijo, según la llamada teoría de las madres refrigeradoras. En la década de 1970 se definió el autismo como un desorden particular del desarrollo cerebral. Hoy, luego de años de estudios de pacientes autistas, se habla de un *espectro del autismo*, que abarca desde individuos que carecen de lenguaje, a quienes les es muy difícil integrarse a la sociedad, hasta otros que apenas exhiben algunas dificultades en mantener relaciones sociales.

¿DE QUÉ SE TRATA?

La investigación biomédica utiliza modelos animales para estudiar enfermedades que afectan a las personas. ¿Puede utilizarse este método para estudiar enfermedades de la mente?

A partir de la publicación en 1994 de la cuarta versión del *Manual de diagnóstico y estadística de desórdenes mentales* por parte de la Sociedad Americana de Psiquiatría, se establecieron tres criterios de diagnóstico para el desorden autista, definidos por las siguientes características:

- Alteraciones significativas de la interacción social, que incluyen falta de uso de formas de comunicación no verbal, como gestos y posturas corporales, y falta de reciprocidad emocional o empatía.
- Alteraciones cualitativas de la comunicación, como falta de lenguaje, problemas para iniciar o mantener una conversación y la utilización estereotipada y repetitiva del lenguaje.
- Patrones de comportamiento, intereses y actividades estereotipadas y repetitivas, como interés excesivo en un objeto o tema, y movimientos repetidos del tipo de sacudir y agitar las manos.

Sobre la base de las características deseables de los modelos animales de enfermedades psiquiátricas (véase recuadro 'Modelos animales') se comenzó a evaluar la posibilidad de utilizar ratones y ratas para estudiar el autismo. Si el autismo tiene los tres tipos de síntomas indicados, es entonces esperable que su modelo animal exhiba:

- Deficiencias de sociabilidad. Los ratones son animales sociables: cuando se encuentran con uno que no conocen, por lo general pasan bastante tiempo oliéndolo y explorándolo. Si un ratón se muestra indiferente a otro desconocido, exhibe una conducta que no es normal en la especie. Hay distintas formas de evaluar la sociabilidad de los ratones, la más simple de las cuales es poner a dos en una caja, medir el tiempo que pasan olfateándose y caracterizar cómo interaccionan. Cuanto menor sea el tiempo de interacción, menos sociables son.

Dispositivo para estudiar el efecto de drogas ansiolíticas sobre el comportamiento de ratones en un ámbito abierto. En los costados de las cajas los animales se sienten protegidos por las paredes, pero en el centro, donde podrían encontrar comida, están más expuestos a predadores.

- Comportamientos repetitivos y estereotipados. Los ratones buscan constantemente la novedad: es raro que se queden repitiendo una actividad sin un objetivo específico relacionado con comer, reproducirse o buscar cobijo. Por eso los ratones modelo deberían pasar más tiempo que ratones normales en actividades que juzguemos sin sentido para ellos. Se han diseñado ensayos para evaluar la presencia de comportamientos estereotipados, como enterrar en aserrín bolitas de vidrio que se les pongan en su jaula. Los ratones que lo hacen sistemáticamente y en corto lapso exhiben mayor comportamiento repetitivo, pues no sacan ventaja evidente de la actividad. Algo similar ocurre con el acicalamiento: los ratones cada tanto se limpian los bigotes y la cara, además del resto del pelo, pero también lo hacen cuando están en situaciones estresantes, en las cuales no tiene mucho sentido limpiarse. Varios investigadores han propuesto utilizar el tiempo que los ratones pasan acicalándose cuando son expuestos a un ambiente novedoso como medida de comportamiento repetitivo.
- Deficiencias en el lenguaje. Este tal vez sea el síntoma más difícil de encontrar en los animales modelo. La autora y otros investigadores consideramos que no es posible hacerlo en roedores, pues estos no tienen un lenguaje complejo como el nuestro. ¿Utilizan vocalizaciones para comunicarse? El tema está en discusión, aunque hay investigadores que evalúan las vocalizaciones de los ratones en distintas situaciones y procuran establecer si es así.

Si un ratón se muestra poco sociable, aparece acicalándose por largos períodos y vocaliza de manera extraña, podríamos decir que sirve como modelo para el autismo, o por lo menos, para estudiar los fenómenos biológicos que subyacen en las alteraciones en el comportamiento que definen la enfermedad. En tal caso diríamos que su validez aparente como modelo es grande o, quizá más en broma que en serio, que hemos dado con un ratón autista.

Dos líneas de investigación

Dada la complejidad de las enfermedades psiquiátricas, una forma de encarar la búsqueda de modelos animales para estudiarlas es procurar que estos solo exhiban algunos síntomas específicos asociados con ellas, en lugar de la totalidad de sus síntomas (véase recuadro 'Criterios que debe cumplir un buen modelo animal de una enfermedad psiquiátrica'). En esos casos se busca estudiar en los animales de experimentación ciertos comportamientos observados en las poblaciones psiquiátricas. Dichos comportamientos no necesariamente deben ser los signos clínicos o síntomas que determinan el diagnóstico de la enfermedad, pero deben ser definidos objetivamente y medidos de manera confiable.

Si la sociabilidad se puede estudiar fácilmente en los ratones, podremos analizar cómo distintos tratamientos afec-

Comportamientos típicos de interacción social de roedores. Estas conductas pueden ser cuantificadas y comparadas.

tan esa sociabilidad. Si bien un ratón menos sociable no puede calificarse sin más de autista, igual tiene interés estudiar los fenómenos biológicos que llevan a la disminución en su sociabilidad, por ejemplo, identificar los genes que la modulan. Si bien esto limita la utilidad del modelo animal, la comparación con humanos resulta mucho más confiable y el enfoque, pese a sus limitaciones, tiene ventajas pragmáticas para estudiar los mecanismos neurobiológicos responsables de las conductas que nos interesan.

Pero como en el autismo, como en la mayoría de las otras enfermedades psiquiátricas, no sabemos las causas que llevan al desorden, cualquier declaración acerca de la validez de un modelo será, a lo sumo, solo parcialmente válida. A pesar de esto, se han intentado distintos acercamientos, de los que comentaremos, a modo de ejemplo, un modelo de orientación farmacológica y uno de orientación genética.

Un modelo farmacológico

Distintos estudios clínicos han concluido que la exposición intrauterina al anticonvulsivo valproato (ácido valproico) está asociada con un aumento en la incidencia de autismo. En particular, se estableció que los niños de madres epilépticas tratadas con ese fármaco tenían más posibilidades de sufrir problemas de sociabilidad y comunicación que los de madres no tratadas. Los trastornos en cuestión son muy similares al

MODELOS ANIMALES

En la investigación biomédica se da ese nombre a cualquier animal usado para estudiar enfermedades humanas. El procedimiento evita experimentar directamente con un ser humano –y posiblemente causarle daño–. Para ser un buen modelo, el animal elegido debe tener parecido con los seres humanos, sobre todo, poder experimentar la enfermedad en cuestión o alguno de sus síntomas. El objetivo perseguido determina los criterios a tener en cuenta para elegir el modelo animal.

Si, por ejemplo, se requiere un modelo para un síndrome psiquiátrico, hay que encontrar una situación de homología entre el comportamiento del animal escogido y el síndrome que se procura modelar. Un modelo homólogo sufre la misma enfermedad humana, por iguales causas, con los mismos síntomas y responde de forma semejante a idénticos tratamientos. Por ejemplo, existe una raza de ratones que enferman de diabetes; se llaman los ratones NOD (diabéticos no obesos) y permiten estudiar la enfermedad humana, analizar sus causas genéticas y sus síntomas, y evaluar posibles tratamientos.

En los inicios de la psicofarmacología, el término 'modelo animal' solía significar ese tipo de modelos. Pero pronto se hizo evidente la dificultad de encontrar animales que sirvieran para enfermedades psiquiátricas: las similitudes son difíciles de establecer porque, a diferencia de los humanos, los animales no pueden explicar cómo se sienten ni qué experimentan, y muchas veces esa es la forma en que los psiquiatras diagnostican las enfermedades. Así, es difícil encontrar un animal que sufra falta o deficiencias del lenguaje, que es uno de los síntomas del autismo.

Un propósito más limitado de los modelos animales es estudiar los efectos de posibles tratamientos y ayudar a que se descubran nuevos. Del análisis de la conducta de los ratones, por ejemplo, se concluye que si se los pone en una habitación vacía tienden a caminar pegados a las paredes, donde están más protegidos de predadores. Pero como son también curiosos, buscan investigarlo todo, aun el centro de la habitación, donde están más expuestos. En un recinto desconocido, experimentan el conflicto entre quedarse a resguardo, cerca de las paredes, o explorar todo el espacio, incluido el centro, donde tal vez encuentren comida pero corren el riesgo de ser detectados por un gato al acecho.

Se ha observado repetidamente que en una situación como la descripta los ansiolíticos (fármacos que disminuyen los niveles de ansiedad) aumentan el tiempo que los animales pasan explorando el centro, expuestos a posibles peligros. Así, si bien no podemos afirmar que un ratón que pasa menos tiempo en el centro es ansioso, podemos predecir que una nueva droga que hace que un animal pase más tiempo en el centro posiblemente actuará como ansiolítico en los seres humanos.

Modelos como estos han resultado valiosos para probar grandes cantidades de compuestos e identificar algunos nuevos que han pasado a formar parte de la batería de fármacos disponibles para tratar distintas enfermedades.

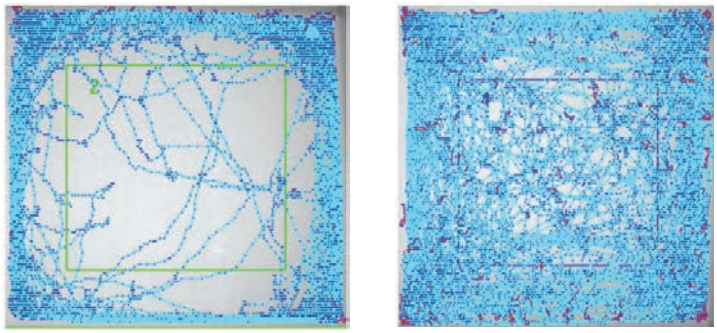
autismo, pero en este caso se denominan *síndrome de valproato fetal*. Esos estudios llevaron a desaconsejar la administración de valproato a epilépticas embarazadas. También llevaron a que se utilizara esa información para tratar de crear con roedores modelos animales orientados al estudio del autismo, de forma parecida a lo que ocurrió con el mal de Parkinson (véase recuadro 'La historia de un modelo del parkinsonismo').

Desde 2005 distintos investigadores han mostrado que tanto ratas como ratones expuestos a dosis de valproato de 600mg/kg en el día 12,5 de gestación (las ratas tienen una gestación de 20-22 días y los ratones de 19-21 días) muestran en la adultez una disminución en las interacciones sociales. Tenemos así un modelo del síndrome de valproato fetal con fuerte validez de construcción y de apariencia. Si bien solo estamos empezando a utilizarlo, consideramos que serviría para tratar de entender los mecanismos biológicos que producen la alteración constatada, y para ensayar posibles tratamientos que la reviertan.

Un modelo genético

Hay muchos grupos de investigación que estudian la asociación entre ciertas mutaciones genéticas y el autismo. Hasta la fecha no se ha demostrado que alguna particular cause la enfermedad, y por lo general hay consenso en que no se dará con el 'gen del autismo'. Por ello muchos estudios han dirigido la atención a alteraciones de grandes fragmentos del genoma, o de genes que afectan el funcionamiento de muchos otros genes.

Pero dado que cuando buscamos un modelo animal para una enfermedad no necesitamos enfrentarlo con la



A la izquierda, gráfico de los recorridos emprendidos durante 45 minutos por un ratón al que no se le suministró drogas. Los animales se filman y, mediante un programa digital, se determina dónde están en cada momento en la filmación. Las líneas azules indican sus movimientos. Se advierte que el animal se desplaza preferentemente cerca de las paredes y evita la zona central.
A la derecha, gráfico semejante al anterior correspondiente a un ratón al que se le inyectó una dosis de 15mg/kg del ansiolítico diazepam. Se puede observar una más intensa locomoción y mayor exploración del centro del ámbito.

CRITERIOS QUE DEBE CUMPLIR UN BUEN MODELO ANIMAL DE UNA ENFERMEDAD PSIQUIÁTRICA

Existen dos componentes a tener en cuenta: la variable independiente y la variable dependiente. La primera es la que modifica el investigador; es decir, lo que este hace al animal modelo para inducir una anormalidad o un comportamiento específico. La segunda constituye el efecto de la manipulación o el resultado que se mide.

Todo estudio científico debe cumplir con la condición de que el sistema experimental con el que se lo ejecuta sea confiable y reproducible. Así, un modelo animal utilizado por un grupo de investigadores en, por ejemplo, la Argentina debe reaccionar de manera similar si es empleado en Europa o los Estados Unidos. Y si el mismo animal modelo se estudia en las mismas condiciones en dos momentos distintos, los resultados obtenidos deben ser los mismos (más allá del margen de variabilidad individual de las observaciones).

El criterio principal que deben cumplir los modelos animales de enfermedades humanas es de permitir llegar a predicciones adecuadas. El modelo animal tiene *validez de predicción* si el tratamiento probado en el animal muestra tener los mismos efectos en el humano, como sucede con las pruebas de ansiolíticos mencionadas en otro recuadro. Por lo menos, eso es lo más importante para la ciencia llamada traslativa (*translational science*), que traslada conclusiones del laboratorio a la práctica clínica. Pero en muchos casos esas conclusiones se obtienen tratando al cerebro como una caja negra, que responde a cierto fármaco de la manera esperada pero se ignora por qué. De ahí que, para muchos investigadores, por no revelar los mecanismos biológicas de la enfermedad, esos modelos y las terapias que permiten identificar tienen corta vida.

Hay otras características que hacen valioso un modelo animal. Entre ellas, que tenga *validez etiológica*, es decir, que la etiología o causa de la enfermedad sea la misma en el modelo animal y en el humano. Evaluar la validez etiológica –también llamada *validez de construcción*– implica conocer las hipótesis implícitas o explícitas que fundamentan la mencionada causa, por ejemplo, saber cómo genes específicos y sus productos pueden asociarse con determinados desórdenes. Así se han generado animales transgénicos cuyas mutaciones genéticas son homólogas a las humanas, como los de la Universidad McGill, mencionados en el texto con relación al factor eIF4E. Los estudios del comportamiento y farmacológicos de esos animales son importantes para identificar los cambios de los individuos (o fenotípicos) asociados con esas mutaciones y de esa manera comparar hipótesis acerca de la etiología de la enfermedad y explorar posibles tratamientos.

Por último, se puede apuntar a que el modelo animal muestre *validez aparente*. Eso significa que las alteraciones del animal (o sea, la variable dependiente) y el síntoma específico de la enfermedad humana sean parecidos. Detrás del requisito de validez aparente se encuentra el supuesto de que las alteraciones del animal y el síntoma específico de la enfermedad humana comparten las mismas bases fisiológicas, algo que no siempre es cierto y debe tenerse en consideración.

LA HISTORIA DE UN MODELO DEL PARKINSONISMO

El mal de Parkinson fue descripto por primera vez en 1817 por el médico inglés James Parkinson (1755-1824), quien lo caracterizó como una extraña parálisis con temblores. Los pacientes tenían dificultades para iniciar movimientos y temblaban cuando estaban quietos. Entre 1868 y 1881, el médico francés Jean-Martin Charcot (1825-1893) estudió la enfermedad e hizo una importante contribución a entenderla. Propuso con éxito, además, que se la llamara con el nombre de su descubridor. En torno a 1900, estudiando post mórtem cerebros de pacientes con la dolencia, el neurólogo estadounidense nacido en Berlin Frederic Lewy (1885-1950) advirtió que les faltaban las neuronas negras, que contienen grandes cantidades de melanina. Esas neuronas fabrican dopamina, uno de los neurotransmisores que permiten a las neuronas comunicarse entre ellas.

En 1968, Urban Ungerstedt, profesor del Instituto Carolino de Estocolmo, demostró que un derivado de la dopamina (6-hidroxi-dopamina) podía ser utilizado para lesionar específicamente ese grupo de neuronas de ratas. Aplicándoles ese compuesto se obtuvieron ratas que tenían averiadas las precisas neuronas que faltan en los pacientes con Parkinson. Distintos autores constataron luego que esos animales tienen dificultades para iniciar movimientos y exhiben síntomas similares a los observados en dichos pacientes.

Este modelo de la enfermedad de Parkinson tiene entonces cierta validez de construcción: si bien aún no sabemos por qué se mueren las neuronas en cuestión, sabemos, gracias al uso de modelos animales, que su falta provoca los síntomas de la dolencia. Constatamos que modelo y pacientes comparten ese rasgo. También la validez aparente del modelo es buena: si bien hasta donde sabemos nadie ha encontrado que las ratas padezcan de temblores, se ha constatado que tienen dificultades para iniciar movimientos y que sufren algunas otras alteraciones de comportamiento.

El modelo ha sido valioso para entender las consecuencias para distintas estructuras del cerebro de la pérdida de neuronas cuyo neurotransmisor primario es la dopamina (o *neuronas dopaminérgicas*). Además, ha servido para estudiar distintas drogas, luego probadas en ensayos clínicos con pacientes. Aunque hoy la enfermedad de Parkinson sigue sin cura, se ha avanzado considerablemente en el alivio de sus síntomas, y eso se debe, por lo menos en parte, a los hallazgos científicos realizados utilizando modelos animales.

causa verdadera de esta en humanos, ni que exhiba todos los síntomas de ella, algunos investigadores se han centrado en estudiar en animales el efecto de mutaciones de genes específicos sobre los comportamientos relacionados con el autismo, y cuáles alteraciones del sistema nervioso central llevan al animal a comportarse de esa manera.

Uno de esos genes es el que contiene la información necesaria para que el organismo pueda producir la proteína eIF4E, un factor que regula la traducción de varios otros genes. *Traducción* es un complejo proceso por medio del cual la información genética, que está en el código de tres letras que conforman el ADN, es decodificada o *traducida*, para producir proteínas (véase Mariano Alló, 'Epigenética: más allá de los genomas', Ciencia Hoy, 123: 9-15, junio-julio de 2011). Ese gen había sido asociado con el autismo, por lo que un grupo de investigación de la Universidad McGill, en Montreal, decidió generar ratones a los que les faltara la proteína eIF4E y estudiar su comportamiento.

Comparados con ratones silvestres, los roedores en cuestión mostraron menor interés por congéneres desconocidos, pasaron más tiempo acicalándose, escondieron todas las bolitas que encontraron y vocalizaron más sonoramente. Es decir, mostraron un comportamiento relacionado con el autismo y se convirtieron en un modelo animal de autismo con validez de apariencia. Luego los científicos canadienses se preguntaron qué sucedía en el cerebro de un ratón privado del gen asociado con el factor eIF4E y concluyeron que funcionaba de manera algo distinta que el de un ratón normal: las neuronas del primero expresaban más cantidad de determinadas proteínas y eran más activas que las de los ratones salvajes.

Hoy seguimos sin entender completamente el proceso por el que esas alteraciones del funcionamiento del cerebro afectan el comportamiento de los ratones, pero por lo menos creemos saber adónde mirar. Así podremos generar hipótesis acerca de lo que sucedería en los cerebros de los autistas, ponerlas a prueba y, en su momento, definir tratamientos. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BELZUNG C *et al.*, 2005, 'Rodent models for autism: A critical review', *Drug Discovery Today: Disease Models*, 2, 2, 93-101, accesible (febrero de 2013) en *http://www.sunship2.net/Lezioni_SPA/Autism%20Models/Belzung%20DDTDM%2005.pdf.*

CRAWLEY J, 2007, *What's wrong with my Mouse? Behavioral Phenotyping of Transgenic and Knockout Mice*, Wiley-Liss, Hoboken, NJ.

GEYER MA & MARKOU A, 1995, 'Animal models of psychiatric disorders', en Bloom FE & Kupfer D, *Psychopharmacology. Fourth Generation of Progress*, Raven Press, Nueva York, pp. 787-798.

GKOGKAS C *et al.*, 2012, 'Autism-related deficits via dysregulated eIF4E-dependent translational control', *Nature*, 493, 7432: 371-377, enero 17.

Amaicha Depino

Doctora en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.
Jefa de trabajos prácticos, Departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular, FCEYN, UBA.
Investigadora adjunta del Conicet en el Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-Conicet.

Gustavo G Politis
Facultad de Ciencias Sociales,
Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires

Mariano Bonomo
Violeta Di Prado
Facultad de Ciencias Naturales y Museo,
Universidad Nacional de La Plata

Ceramistas de la ribera

Los antiguos pobladores del delta del Paraná

El delta del Paraná y sus antiguos pobladores

El delta del Paraná, que hoy se extiende a lo largo de 320km, desde Diamante en Entre Ríos hasta el Río de la Plata, no siempre tuvo la configuración que conocemos actualmente. Comenzó a formarse hace aproximadamente seis mil años, cuando las arenas, las arcillas y los limos que transportaba el río empezaron a depositarse y a configurar una intrincada red de islas, lagunas y estrechos cursos de agua, más llanuras aluviales costeras. Islas y llanuras podrían haber sido habitadas algo después, cuando se estabilizaron los ambientes litorales. Pero la presencia de población humana solo se constató fehacientemente, mediante mediciones de carbono 14, desde hace unos dos mil años. Esa población se estableció allí, sin duda, por un conjunto de condiciones favorables: clima subtropical, suelos fértiles enriquecidos anualmente por los desbordes del río, variedad de animales terrestres, aves, peces y moluscos, y diversidad de arboles nativos, como ceibo (*Erythrina crista-galli*), espinillo (*Acacia caven*), timbó (*Enterolobium contortisiliquum*) y sauce criollo (*Salix humboldtiana*).

Cuando en el siglo XVI los conquistadores europeos ingresaron en el estuario del Plata y remontaron los ríos Uruguay y Paraná, hallaron diferentes grupos étnicos establecidos en sus orillas y en las numerosas islas que forman el delta. Uno era el de los guaraníes, arribados a la zona relativamente poco antes, quizá con no más de dos siglos de antelación, desde el norte, posiblemente por el río Uruguay; estaban asentados en las islas externas del delta. En el resto de ese territorio vivían etnias más antiguas en la región, claramente diferentes de los 'recién llegados' guaraníes, como los chaná, timbú y mbeguá.

¿Quiénes eran esos antiguos grupos indígenas, que suelen ser identificados con el nombre genérico de chaná-timbú? ¿Cómo fue su forma de vida? ¿De dónde arribaron y desde cuándo habitaban la región? ¿Eran solo cazadores, recolectores y pescadores? ¿O también tenían cultivos? Las investigaciones arqueológicas que los auto-

¿DE QUÉ SE TRATA?

La arqueología del delta del Paraná está reconstruyendo la historia desconocida de los grupos indígenas que habitaron esa zona entre hace dos mil años y la llegada de los españoles.

Figura 1. El montículo arqueológico Los Tres Cerros 1, en el delta del Paraná, próximo a Rosario pero en territorio de Entre Ríos. La foto fue tomada cuando se realizaban las labores de excavación. Entre los árboles se distinguen, de izquierda a derecha, tres ceibos, un timbó y un sauce criollo.

res llevan a cabo desde 2006 en el delta superior del Paraná buscan contestar esas preguntas mediante el análisis de los restos materiales de sus asentamientos en la actual provincia de Entre Ríos. Algunos de los resultados más interesantes de estos estudios se resumen en lo que sigue.

Entre los primeros viajeros que llegaron a tierras del Plata estaban Diego García de Moguer (1527), Luis Ramírez (1527), Ulrico Schmidl (1536) y Francisco de Villalta (1536). Escribieron crónicas en las que describieron el delta del Paraná como un área heterogénea y culturalmente dinámica, en la que convivían varios grupos indígenas (*parcialidades*, en su lenguaje): caracarais, chaná, mbeguá, chaná-timbú, chaná-mbeguá, timbú y corondas. Esas denominaciones podían corresponder a etnias distintas o a segmentos de una misma etnia.

Para algunos cronistas, los timbú eran una etnia independiente que ocupaba la porción norte del delta del Paraná y sus llanuras aluviales adyacentes. El fuerte Sancti Spiritus, el primer asentamiento español en el actual territorio argentino, marcaba el límite sur de sus tierras, hacia el norte de las cuales se hallaban los quiloazas y los mocoretás, mientras que en el sector sur del delta estaban los mbeguá, chaná-mbeguá y chaná. Los últimos ocupaban también las orillas e islas del Uruguay inferior.

Los límites territoriales y las diferencias socioculturales entre estos grupos resultan difíciles de establecer con precisión sobre la base de la información fragmentaria y a veces contradictoria provista por las fuentes históricas. De ahí que se utilice el genérico chaná-timbú para llamar a esos indígenas. Hay mejores referencias sobre los guaraníes, quienes rápidamente se relacionaron con los españoles, con la ayuda de algunos náufragos de la expedición de Juan Díaz de Solís que sobrevivieron en las costas del Brasil y aprendieron allí la lengua guaraní o una muy cercana, el tupinambá.

Figura 2. Paisaje típico del delta: curso angosto limitado por albardones con bosque en galería

Una dieta variada

Algunos cronistas que estuvieron en el área hacia 1530 apuntaron que los indígenas asentados en el delta del Paraná se procuraban los alimentos mediante la caza, la pesca, la recolección y algunos cultivos en pequeña escala. Entre los últimos mencionaron maíz, zapallo y porotos. También

¿DE DÓNDE VINIERON LOS POBLADORES ESTABLECIDOS HACE UNOS DOS MIL AÑOS EN EL DELTA DEL PARANÁ?

La pregunta del título tiene dos respuestas hipotéticas posibles. Una es que llegaron de las planicies vecinas a los ríos Paraná y Uruguay, es decir, que fueron los cazadores-recolectores de las llanuras que progresivamente se habrían adaptado a los ambientes acuáticos y suplementado su dieta con cultivos. La otra respuesta es que se trató de indígenas provenientes de más lejos y ya adaptados a ambientes acuáticos, que usaban canoas, redes para la pesca, arpones de hueso y construían montículos de tierra para protegerse de inundaciones, además de practicar la horticultura para complementar su dieta.

La segunda hipótesis fue propuesta por algunos investigadores sobre la base de información lingüística y de similitudes entre restos arqueológicos de la vasta región de las tierras bajas tropicales de América del Sur, del Orinoco al Plata. Su origen está en las ideas del arqueólogo y antropólogo sueco Erland Nordenskjöld (1877-1932), quien sugirió a principios del siglo XX que el grupo etnolingüístico arawak, que en tiempos prehispánicos tenía una gran dispersión por América del Sur, habría llegado desde la cuenca amazónica al Río de la Plata. El inicio de la agricultura en muchas regiones de las tierras bajas sudamericanas se atribuye a la diáspora de este grupo.

La familia lingüística arawak está entre las más extendidas del continente, tanto por el número de lenguas que la integran, que ronda las cuarenta, como por su dispersión geográfica, que va de Centroamérica y las islas del Caribe, pasando por las cuencas del Orinoco y el Amazonas, hasta Paraguay y el norte de la Argentina. Es probable que, hace unos dos mil años, integrantes de ese grupo lingüístico hayan llegado al río Paraná y hayan influido significativamente en los indígenas locales. Esto podría haber originado la forma de vida que, en la época de la conquista, caracterizaba a los grupos chaná-timbú.

se refirieron al uso de vestimentas de 'algodón', que en realidad eran de fibras vegetales diversas. Nuestros estudios de restos de animales y vegetales recuperados en algunos sitios arqueológicos de esa zona permitieron verificar y ampliar las referencias de los cronistas mediante la identificación, mirando al microscopio, de granos de almidón y fitolitos.

Los primeros son partículas de hidratos de carbono que difieren según la especie de planta de la que proceden, y los segundos son componentes silíceos de las células vegetales, sujetos a la misma variación. Analizamos minúsculos restos que encontramos adheridos a paredes internas de vasijas, en artefactos de piedra usados para molienda y en sedimentos. Los resultados obtenidos nos llevaron a suponer que los indígenas cultivaban en pequeña escala maíz, zapallo, porotos y –posiblemente– mandioca; posiblemente porque existen variedades silvestres en la región (como *Manihot grahamii*) cuyos almidones pueden ser similares. Además recolectaban frutos de especies silvestres: algarrobo (*Prosopis* sp.), palmeras yatay (*Butia yatay*) y pindó (*Syagrus romanzoffiana*), tubérculos de achira (*Canna* sp.) y, también posiblemente, algún tipo de arroz silvestre (*Oryzeae*).

En cuanto a animales, en las excavaciones arqueológicas aparecieron restos de mamíferos medianos y pequeños, aves, peces y moluscos de agua dulce. En el sitio arqueológico Los Tres Cerros 1, el mejor conocido de los ubicados hasta el momento, se hallaron abundantes dientes y huesos de coipo (*Myocastor coypus*) y carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*), con huellas producidas al quitarles el cuero y carnearlos. Otros restos encontrados fueron de cuis (*Cavia aperea*), lobito de río (*Lontra longicaudis*), zorro gris pampeano (*Lycalopex gymnocercus*) y almejas de agua dulce (*Diplodon* sp.), más fragmentos de huesos del cráneo, espinas y vértebras de peces como tararira (*Hoplias malabaricus*), sábalo (*Prochilodus platensis*), boga (*Leporinus obtusidens*), chanchita (*Cichlasoma facetum*), bagre amarillo (*Pimelodus clarias*) y armado común (*Pterodoras granulosus*). Las vértebras presentaron evidencias de haber sido expuestas al fuego, posiblemente señal de que los pescados fueron asados.

Figura 3. Instrumentos óseos hallados en Los Tres Cerros 1.

El delta del Paraná fue objeto de investigación desde los inicios de la arqueología en la Argentina. Estanislao Zeballos y Pedro Pico realizaron las primeras excavaciones científicas en las cercanías de Campana hacia fines de la década de 1870; recuperaron de un montículo gran cantidad de restos arqueológicos, parte de los cuales está depositada en el Museo de La Plata. Entre esos restos había unos apéndices modelados en arcilla cocida que representaban cabezas de pájaros, especialmente loros, que con el tiempo caracterizarían el estilo cerámico del área, conocido por Goya-Malabrigo. Si bien las investigaciones nunca se interrumpieron, fueron más abundantes en el sector medio del río Paraná y en el delta inferior, aguas abajo del Paraná Pavón. Recientemente, el equipo de investigación que integran los autores comenzó a trabajar en el sector superior del delta, en el que hasta el momento halló más de setenta sitios arqueológicos y excavó sistemáticamente cuatro (Los Tres Cerros 1 y 2, Cerro Tapera Vázquez y Laguna de los Gansos).

Los objetos indígenas: un mundo de cerámica

Los aborígenes del delta del Paraná desarrollaron una elaborada alfarería. En cambio, fabricaban pocos instrumentos de piedra, lo que es comprensible dado que en el área insular no hay rocas adecuadas, ni como afloramientos rocosos ni como cantos rodados, aunque algunos artefactos encontrados en Los Tres Cerros 1 indican que obtenían rocas de lugares distantes hasta un par de cientos de kilómetros. También hallamos arpones, punzones y puntas de proyectil de varias formas hechos con huesos desgastados y pulidos de carpinchos, coipos y zorros, así como con astas de ciervos de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*).

Pero, sin duda, el material que aprovecharon en forma más intensa y diversa fueron las arcillas, que son los sedimentos más comunes en el delta y afloran en todas las islas. Se vuelven plásticas cuando son humedecidas y se tornan duras y resistentes luego de su cocción. Los indígenas del delta transformaron las arcillas por limpieza, amasado, modelado, secado y cocción, y confeccionaron con ellas gran cantidad de platos, fuentes y ollas.

En la mayoría de los casos construían las paredes de los recipientes por superposición de rollos o rodetes, es decir, sin recurrir a un torno. Decoraron algunas piezas con guardas de líneas rectas y onduladas, trazadas en la arcilla blanda con dientes de coipo, ramas o huesos. Algunos recipientes, por lo general los más bajos y abiertos, eran para servir la comida; otros, con diámetros de boca de más de 20cm, para cocinar, como se deduce de los característicos restos de carbón que el fuego dejó en su exterior. Hervir algunos alimentos en recipientes de cerámica los hace comestibles y permite aprovechar nutrientes reunidos en el caldo.

Es muy común encontrar en los sitios arqueológicos abundantes fragmentos de recipientes, y muy raro hallarlos completos: en Los Tres Cerros 1 recogimos más de 50.000 fragmentos y solo unas pocas piezas enteras. Esto se debe a roturas accidentales, durante la manufactura, uso y descarte, o intencionales, realizadas al abandonar los asentamientos o como acompañamiento funerario. Se encuentran igualmente pendientes y cuentas de collar de cerámica, lo mismo que objetos elípticos posiblemente usados como pesas en redes de pesca, y pequeñas bolitas que pudieron servir para cazar pájaros.

Los antiguos pobladores del delta aprovecharon las cualidades de la arcilla para representar en detalle muchos de los animales que vivían en su entorno, en especial modelaron cabezas de guacamayos, loros y cotorras, pero también yaguaretés, tapires, monos, venados, carpinchos, reptiles y moluscos. Sus representaciones tienen diferentes tamaños y grados de realismo; algunas pertenecen a la categoría que denominamos 'figuras recortadas', con

Figura 4. Representaciones de aves en las que se distinguen los ojos y el pico.

Figura 5. Figuras zoomorfas macizas. La segunda desde la izquierda es un mamífero; las restantes son aves.

las cabezas por lo común de perfil y su contorno a veces resaltado con una capa de pigmento rojo.

También modelaban cabezas de animales en tres dimensiones –designadas como 'figuras escultóricas macizas'– con incisiones para marcar sus rasgos y a veces trozos de arcilla para formar los ojos. Podían ser relativamente grandes y en ocasiones formar parte de las llamadas 'campanas', nombre que se les dio por su forma, aunque no tenían esa función. Algunos arqueólogos supusieron que servían para conservar el fuego, mientras otros les dieron un significado totémico o simbólico, dado que es frecuente encontrarlas asociadas con entierros humanos. Más allá de su posible función, evidencian la destreza que poseían los ceramistas que las fabricaron, así como su sentido estético y simbólico.

Mediante el estudio con lupa y microscopio del interior de las paredes cerámicas constatamos que los ceramistas molían piezas rotas o descartadas en fragmentos de pocos milímetros, que luego agregaban a la arcilla en preparación para hacerla menos plástica y mejorar las cualidades de las nuevas horneadas. Establecimos que algunos de esos pequeños fragmentos contenían a su vez tiesto molido, lo que pone de manifiesto que los contenedores reciclados fueron fabricados de acuerdo con los mismos criterios, y que su modo de hacer fue transmitido de generación en generación. En ciertos casos encontramos masas de arcilla desechadas antes de terminar de modelar las piezas, lo mismo que rollos de arcilla que no llegaron a usarse, y hasta una masa con las impresiones digitales del artesano.

Las características de la cerámica han servido para identificar a los grupos que la confeccionaron, por las semejanzas en las formas, los temas representados y los modos de fabricación. Esos rasgos, transmitidos de generación en generación, perduraban a través del tiempo

Figura 6. Típicas piezas cerámicas con forma de campana sobre cuyo uso se han formulado varias hipótesis.

Figura 7. De izquierda a derecha: pieza usada para alisar las superficies cerámicas; rollo de arcilla amasada; masa de arcilla con impronta de dedos y uñas.

como una expresión de la identidad del grupo. Aunque la relación entre un grupo étnico y los objetos que produce no es directa ni unívoca, ya que grupos distintos pueden hacer cosas similares, en el caso de los ceramistas del delta del Paraná los modelados de aves y la singular forma de campana de algunas piezas parecen haber sido rasgos estilísticos compartidos. Su simbolismo con toda probabilidad contribuyó a la cohesión social y la continuidad histórica de estas culturas indígenas a lo largo de por lo menos 1500 años.

La vida en las islas

Los indígenas del delta ocuparon los sectores naturalmente elevados de las islas, como albardones y médanos, pero también construyeron montículos de tierra conocidos localmente como cerros o cerritos, donde instalaron sus asentamientos y enterraron a sus muertos. Esos montículos llegan a tener tres metros de altura y una superficie de varios centenares de metros cuadrados; constituyen una notable modificación del paisaje, que es completamente llano. Son las estructuras más duraderas y visibles que han erigido las poblaciones indígenas del litoral.

Figura 8. Posible piso de vivienda hecho con arcillas apisonadas y quemadas en el sitio Los Tres Cerros 1.

Los estudios de Carola Castiñeira y Adriana Blasi, de la Universidad Nacional de La Plata, sobre la composición mineralógica y granulométrica de las capas de sedimentos que componen el montículo de Los Tres Cerros 1, indican que se trata de una elevación artificial a la que se agregaron arcillas, tierras quemadas, huesos y fragmentos de vasijas para aumentar su altura y cohesión. La superposición de capas sirvió entre otras cosas para proteger el sitio de las crecidas del río.

Las investigaciones llevaron a concluir que los asentamientos tenían distintas jerarquías, funciones e intensidad de ocupación. En algunos se han diferenciado espacios destinados a actividades domésticas de otros que servían de basurero, con miles de fragmentos cerámicos y huesos de los animales. Mediante dataciones realizadas midiendo carbono 14 en restos óseos, valvas y maderas quemadas recuperados en distintos niveles estratigráficos se estimó que Los Tres Cerros 1 fue ocupado entre los años 1200 y 560 antes del presente. Fue ocupado en forma semipermanente, con prolongados períodos de residencia alternados con episodios de abandono y posterior reocupación. Se trató pues de una aldea y no de un campamento transitorio ni estacional, y quizá allí residía el poder político de la zona.

En el sitio Cerro Tapera Vázquez, localizado más al norte que el anterior, cerca de Diamante y en el parque nacional Predelta, hubo un asentamiento más simple, con una ocupación menos intensa unos seiscientos años antes del presente. Estaba sobre un albardón cuya altura se incrementó de manera no intencional con los materiales descartados durante la ocupación humana. Allí se encontraron modelados de animales y tiestos decorados, lo mismo que restos de coipos y rastros de plantas domésticas, como maíz y porotos.

Se han localizado numerosos sitios más, cuyos escasos restos sugieren ocupaciones esporádicas de albardones y lugares levemente elevados. Quizá fueron campamentos estacionales de unas pocas familias que se desplazaban por las islas durante algunos períodos del año.

Jerarquías y poder político

Las mencionadas crónicas de viajeros del siglo XVI sugieren que en estas sociedades indígenas existía algún tipo de jerarquía social. No eran, entonces, grupos igualitarios como los cazadores-recolectores pampeanos y patagónicos. A partir del estudio de poblaciones contemporáneas, la antropología ha denominado a ese tipo de organización 'sociedades de rango', que no son igualitarias pero tampoco tienen marcada estratificación social. En ellas, los jefes ejercen cierta autoridad pero tienen escaso poder real; acceden a los recursos básicos como todos los miembros del grupo, pero tienen un acceso preferencial a productos exóticos y bienes de prestigio.

Algunos datos arqueológicos del delta del Paraná son coherentes con esa clase de jerarquía social. Haber levantado montículos de tierra implica cierto nivel de organización del trabajo comunitario. Las características de algunos sitios permiten suponer que tuvieron una posición importante en la región. Por otra parte, el hallazgo esporádico de objetos exóticos, por ejemplo, láminas y cuentas de metal, traídos de tan lejos como las sierras de Córdoba o los Andes, lleva a pensar que pertenecían a personajes destacados o líderes grupales, a los que conferían prestigio.

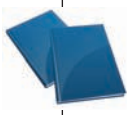
Balance

Tradicionalmente se creía que los indígenas del delta eran básicamente cazadores-recolectores y pescadores, que no tuvieron plantas cultivadas hasta la llegada tardía de los guaraníes, que habitaban las elevaciones naturales del terreno y que mantenían una organización política relativamente simple. Las investigaciones recientes, sobre todo en el delta superior, muestran un panorama distinto: grupos con algún tipo de jerarquía social, es decir, con caciques principales, que en algunos lugares llegaron a formar aldeas estables sobre montículos artificiales de tierra, que practicaban la horticultura en pequeña escala y que mantenían amplias redes de intercambio que alcanzaban las sierras de Córdoba y el área andina.

Estos indígenas habrían sido los ancestros de los chaná-timbú del siglo XVI. Pero su estilo cerámico, su tecnología y la modalidad de construcción de montículos no estaban restringidos al delta, sino que ocupaban toda la llanura aluvial del Paraná medio e inferior, desde la confluencia con el río Paraguay, y el río Uruguay inferior. Su vida allí habría comenzado hace unos dos mil años; hace unos mil ocupaban todo el delta del Paraná y formaban poblaciones estables en las islas y en las orilla de los grandes ríos. Este mundo de ríos, islas y cerámica persistió hasta el siglo XVI cuando fue desarticulado por la conquista europea.

Los cerritos arqueológicos y otros tipos de sitios del delta del Paraná están siendo fuertemente alterados y muchos destruidos antes de que puedan ser estudiados. La causa reside en la ganadería, deforestación y quema de pastizales, además de las inundaciones del río. Por ello, no solo es necesario que se intensifiquen las investigaciones arqueológicas sino, sobre todo, que se pongan en práctica medidas de conservación de estos importantes recursos culturales. CH

LECTURAS SUGERIDAS



ACOSTA A y LOPONTE D, 2008, 'Sociedades originarias. Una economía a base de caza, recolección y pesca', *Atlas Total Clarín de la República Argentina*, 12: 62-69, Arte Gráfico Editorial Argentino, Buenos Aires.

BONOMO M, 2012, *Historia prehispánica de Entre Ríos*, Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Buenos Aires.

BONOMO M, POLITIS G y GIANOTTI C, 2011, 'Montículos, jerarquía social y horticultura en las sociedades indígenas del delta del río Paraná', *Latin American Antiquity*, 22, 3: 397-333.

CERUTI C, 2000, 'Ríos y praderas: los pueblos del Litoral', en TARRAGÓ M (ed.), *Nueva historia argentina. Los pueblos originarios y la conquista*, Sudamericana, Buenos Aires, t. 1, pp. 105-146.

RODRÍGUEZ JA, 2004, 'En busca de la tierra sin mal. El poblamiento de la cuenca del Plata por los guaraníes prehistóricos', Ciencia Hoy, 14, 80: 28-33.

Gustavo G Politis

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Profesor titular, UNCPBA y UNLP.
Investigador superior del Conicet.
gpolitis@fcnym.unlp.edu.ar

Mariano Bonomo

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador adjunto del Conicet.
mbonomo@fcnym.unlp.edu.ar

Violeta Di Prado

Licenciada en antropología, UNLP.
violetadiprado@hotmail.com

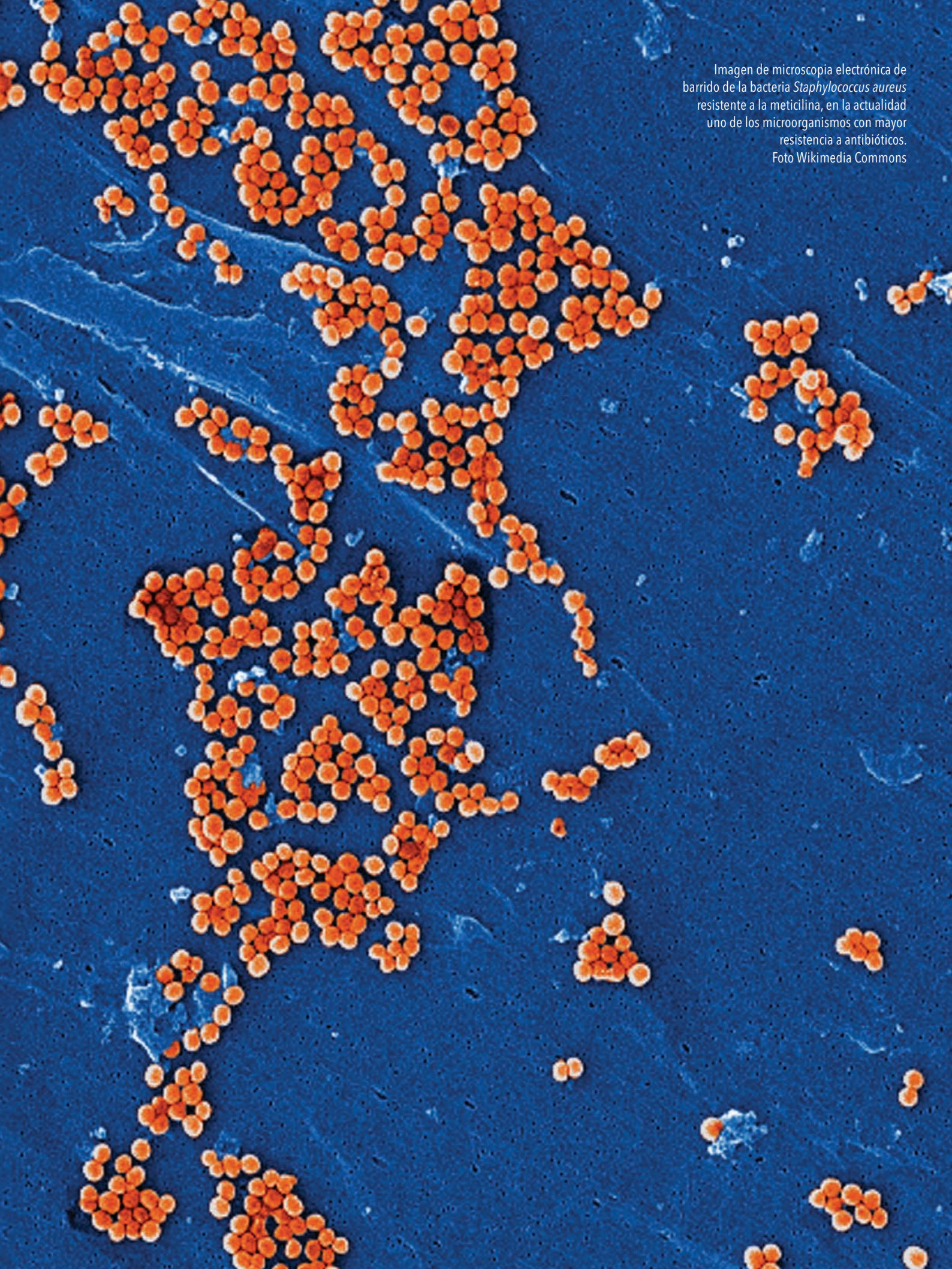


Imagen de microscopia electrónica de barrido de la bacteria *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, en la actualidad uno de los microorganismos con mayor resistencia a antibióticos. Foto Wikimedia Commons

Fabiane Antunes Ferreira
Raquel Souza Cruz
Agnes Marie Sá Figueiredo
Departamento de Microbiologia Médica,
Universidad Federal de Río de Janeiro

Superbacterias

El problema mundial de la resistencia a los antibióticos

Infecciones hospitalarias y extrahospitalarias

En las últimas décadas, el mundo fue testigo de una gran proliferación de bacterias patógenas que no solo originan múltiples enfermedades sino, también, que presentan resistencia a muchos o todos los antibióticos. Se las llama *superbacterias*, término con el que se designa a aquellas bacterias que acumularon varios genes determinantes de resistencia a antibióticos utilizados en los tratamientos médicos. Pueden, incluso, volverse refractarias al efecto de prácticamente todas las drogas antimicrobianas, lo que deja a médicos y cirujanos sin muchas opciones para combatir las infecciones.

Sin duda, una de las razones más importantes de la proliferación de superbacterias es la amplia utilización de antibióticos en el ambiente hospitalario, lo mismo que en el ámbito doméstico. A ello se suma su uso en gran escala en explotaciones agropecuarias.

En los últimos tiempos y en todos los continentes se ha registrado un continuo y preocupante aumento de la mortandad relacionada con infecciones por dichas bacterias multirresistentes. Datos de 2009 difundidos por el Centro Europeo para el Control de Enfermedades y la Agencia Europea de Medicina indican que cada año mueren en la Unión Europea por esas infecciones cerca de 25 mil personas. Según estudios realizados por la agencia gubernamental United States Centers for Disease Control and Prevention (Centros para el Control y Prevención de Enfermedades), se calcula que más de 63 mil personas mueren anualmente en los Estados Unidos por infecciones bacterianas hospitalarias. Y la tasa de infecciones graves provocadas por bacterias en cuestión es to-

¿DE QUÉ SE TRATA?

La aparición de bacterias resistentes a casi todas las drogas antimicrobianas conocidas es responsable de un número creciente de infecciones y decesos en todo el mundo. No es ajeno a este fenómeno el uso excesivo o incorrecto de antibióticos.

davía mayor en los países con menor desarrollo, donde los servicios de asistencia para la salud son muchas veces precarios.

Las superbacterias descienden de distintos grupos de bacterias, algunas de las cuales pueden encontrarse normalmente en nuestro cuerpo, por ejemplo, en la piel y en los intestinos. Entre las especies de esos microorganismos que han adquirido resistencia a antibióticos están *Staphylococcus aureus*, resistente a la meticilina (conocida por MRSA); *Acinetobacter baumannii*, *Enterococcus faecium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium difficile*, *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*.

Las primeras se cuentan entre las superbacterias más extendidas, tanto en medio hospitalario como fuera de los hospitales, incluso en individuos sanos. En 2007, el mencionado centro estadounidense informó en la revista de la Asociación Médica Norteamericana que en los Estados Unidos el número de infectados anualmente por *S. aureus* rondaría estimativamente los 100 mil, con cerca de 19 mil casos fatales. Ese número de muertes, según el editorial que comentaba el artículo, fue ese año mayor que el atribuido al sida.

Actualmente, en los países más ricos entre el 60% y el 70% de las muestras de *S. aureus* tomadas en unidades de terapia intensiva presentan resistencia a la meticilina, es decir, corresponden a la MRSA, a la cual son particularmente susceptibles los pacientes hospitalizados, cuyo sistema inmune suele estar comprometido y están por ello expuestos a contraer infecciones graves.

Esta forma resistente de *S. aureus* se disemina con mucha facilidad: es común encontrar bacterias de la misma cepa –hasta genéticamente idénticas– en hospitales separados por distancias continentales, lo que podría generar verdaderas pandemias hospitalarias, aunque solo un pequeño número de cepas de la bacteria origina la mayoría de las infecciones en esos establecimientos. Entre ellas está la cepa ST239, que además de resistencia a múltiples antibióticos, tiene capacidad de generar grandes cantidades de *biofilm*, un verdadero tapiz de bacterias que se forma en superficies de, por ejemplo, catéteres, prótesis e instrumentos médicos (véase el recuadro '¿Qué es un biofilm?').

Las bacterias de esa cepa adquirieron la habilidad de invadir células de las mucosas del tracto respiratorio humano, como fue comprobado en Brasil y dado a conocer en 2005 en un artículo citado entre las lecturas sugeridas. Esa habilidad sugiere que no solo pueden acumular genes de resistencia sino, además, incrementar la gravedad de las enfermedades.

En la década de 1990 fue frecuente la aparición fuera de los hospitales de infecciones asociadas con MRSA, incluso en individuos sanos. El análisis del genoma de esas bacterias llevó a descartar la posibilidad de que se tratara de cepas hospitalarias. Entre otras características, las cepas hospitalarias analizadas contenían genes de resistencia a múltiples antibióticos, mientras que las no hospitalarias por lo general solo eran resistentes a la meticilina. Pero en los últimos años también han aparecido fuera de los hospitales cepas con resistencia a múltiples drogas.

Nuevos tipos de resistencia

Existen superbacterias relacionadas con infecciones hospitalarias que producen una enzima denominada carbapenemasa. La liberación de esa enzima desactiva un importante componente de la estructura química de los antibióticos, llamado anillo betalactámico, y eso anula la acción del fármaco. La aparición y diseminación universal de ese tipo de resistencia constituyen desafíos tanto para los tratamientos médicos como para el control de las infecciones hospitalarias.

Las carbapenemasas fueron inicialmente encontradas como producto de la bacteria *Klebsiella pneumoniae*. El fenómeno fue descripto en los Estados Unidos a inicios de la década de 2000 y, según estudios recientes, ya se extendió a otros países. Hasta hace poco, esas enzimas solo habían sido identificadas en *E. coli* y *K. pneumoniae*, pero hoy su producción se observó en otras bacterias, como *P. aeruginosa* y *A. baumannii*.

Las carbapenemasas otorgan resistencia a prácticamente todos los antibióticos con anillo betalactámico, como imipenema, meropenema y ertapenema, los que se volvieron ineficaces contra infecciones provocadas por bacterias que producen esa enzima. Pero bacterias que no producen carbapenemasa también son muchas veces resistentes a antibióticos no betalactámicos, lo que restringe las opciones de tratamiento. Por eso, las superbacterias se asocian con infecciones caracterizadas por una significativa tasa de mortandad.

Recientemente apareció en la India y en Paquistán una nueva superbacteria, conocida como NDM-1, con un gen productor de una enzima llamada metalobetalactamasa, que le confiere resistencia a casi todos los antibióticos betalactámicos en uso. El gen fue descripto por primera vez en 2008 para las bacterias en *K. pneumoniae* y *E. coli*, pero también puede encontrarse en otras, como *A. baumanni*. Los pacientes infectados con la bacteria NDM-1 son tratados con antibióticos monobactámicos, como el aztreonam, cuyo anillo betalactámico tiene una estructura diferente de la de otros antibióticos.

Es común, además, que NDM-1 tenga otros genes de resistencia a antibióticos, que la hacen inmune a diversos tipos de ellos, como los macrólidos, aminoglucósidos, rifampicina, sulfametoxazol e incluso aztreonam. En 2010, la literatura científica informó que la superbacteria había sido encontrada en ambientes hospitalarios en los Estados Unidos, Canadá, Australia, el Reino Unido, otros países europeos, Oriente Medio, África y el sudoeste de

¿QUÉ ES UN BIOFILM?

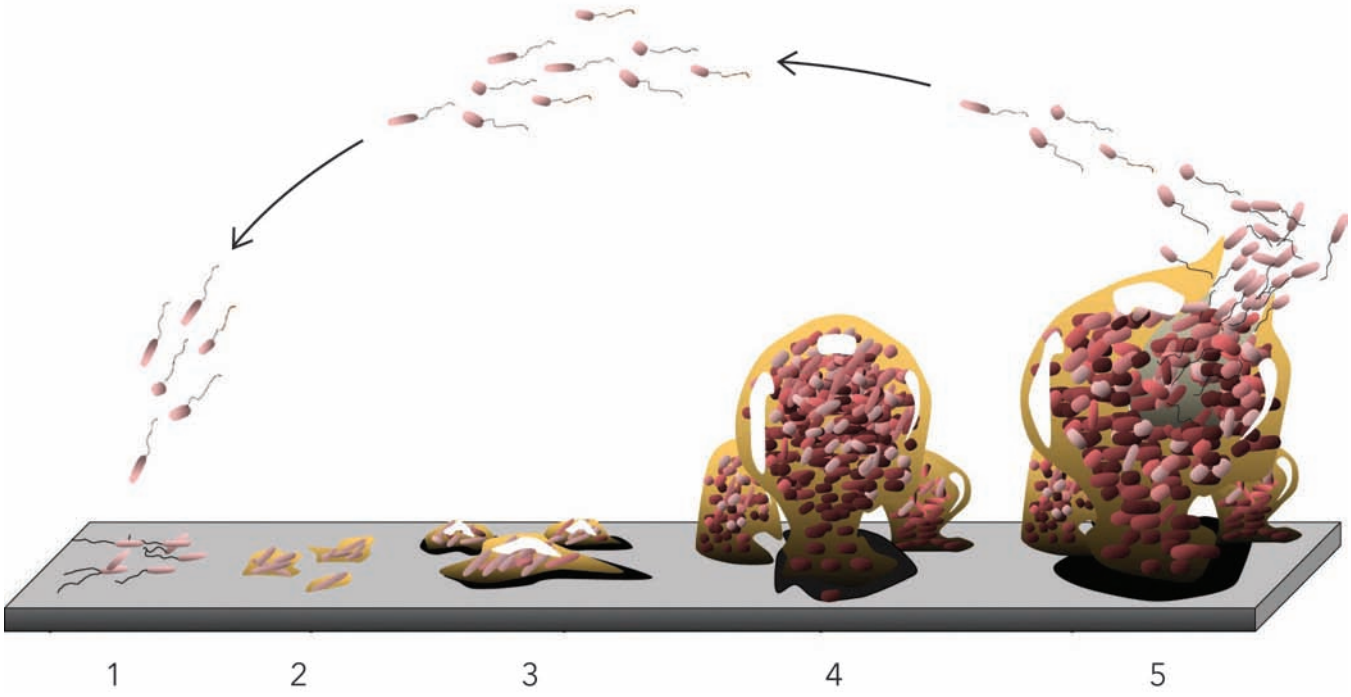
Florencia Malamud
Instituto de Ciencia y Tecnología Dr Cesar Milstein, Conicet-Fundación Pablo Cassará

Es común imaginar a las bacterias como diminutos organismos unicelulares de vida libre. Sin embargo, en los últimos años se observó que muchas bacterias requieren formar estructuras supracelulares para proliferar, infectar plantas y animales o resistir condiciones adversas. Por ello forman biofilms o biopelículas, que son comunidades de microorganismos integrados metabólicamente.

Las bacterias que componen un biofilm se ubican dentro de una matriz que ellas mismas producen, constituida por azúcares complejos llamados exopolisacáridos, proteínas y ADN, adherida a una superficie inerte o a un tejido vivo. Uno de los exopolisacáridos más conocidos es el alginato, producido por la bacteria *Pseudomonas aeruginosa*. El biofilm producido por esta bacteria es uno de los más estudiados, dado que su aparición en pacientes con fibrosis quística los compromete severamente pues forma una barrera que impide la entrada de los antibióticos y vuelve crónica la infección bacteriana.

La constitución de un biofilm es un proceso biológico que abarca distintas etapas, esquematizadas en la figura. Su iniciación significa que las bacterias pasan de una vida libre a una en que quedan fijas; se piensa que ello sucede en respuesta a condiciones ambientales, que las llevan a adherirse a un sustrato y formar una microcolonia. Luego se dividen y se incrementa la cantidad de individuos de la microcolonia. A medida que el número de bacterias aumenta se forman macrocolonias, estructuras cada vez mayores con canales por los que son trasportados nutrientes y desechos. Algunas células de las macrocolonias o grupos de ellas se liberan de esas estructuras y regresan a la vida planctónica. Lo descripto vale para distintas especies de bacterias, aunque varían el sustrato al que adhieren, los requerimientos nutricionales, el tiempo que tarda en madurar la estructura, la composición de la matriz extracelular, etcétera.

Prácticamente en todos los medios en que hay bacterias se forman biofilms, sobre sustratos que deben poseer un poco de humedad y un mínimo de nutrientes, y pueden ser naturales —rocas, dientes y plantas— o artificiales —catéteres, cañerías—. Actualmente se considera que las bacterias viven casi toda su vida en esas comunidades y que de vez en cuando alguna sale para conquistar un nuevo nicho.



Etapas de la formación de un biofilm bacteriano. (1) inicio: algunas bacterias se adhieren a un sustrato; (2) unión débil entre las bacterias; (3) formación de microcolonias; (4) desarrollo de macrocolonias con una estructura interna compleja, y (5) biofilm maduro, del que se desprenden bacterias que regresan a la vida libre. Croquis basado en Karin Sauer, 2003, 'The genomics and proteomics of biofilm formation', *Genome Biology*, 4: 219.

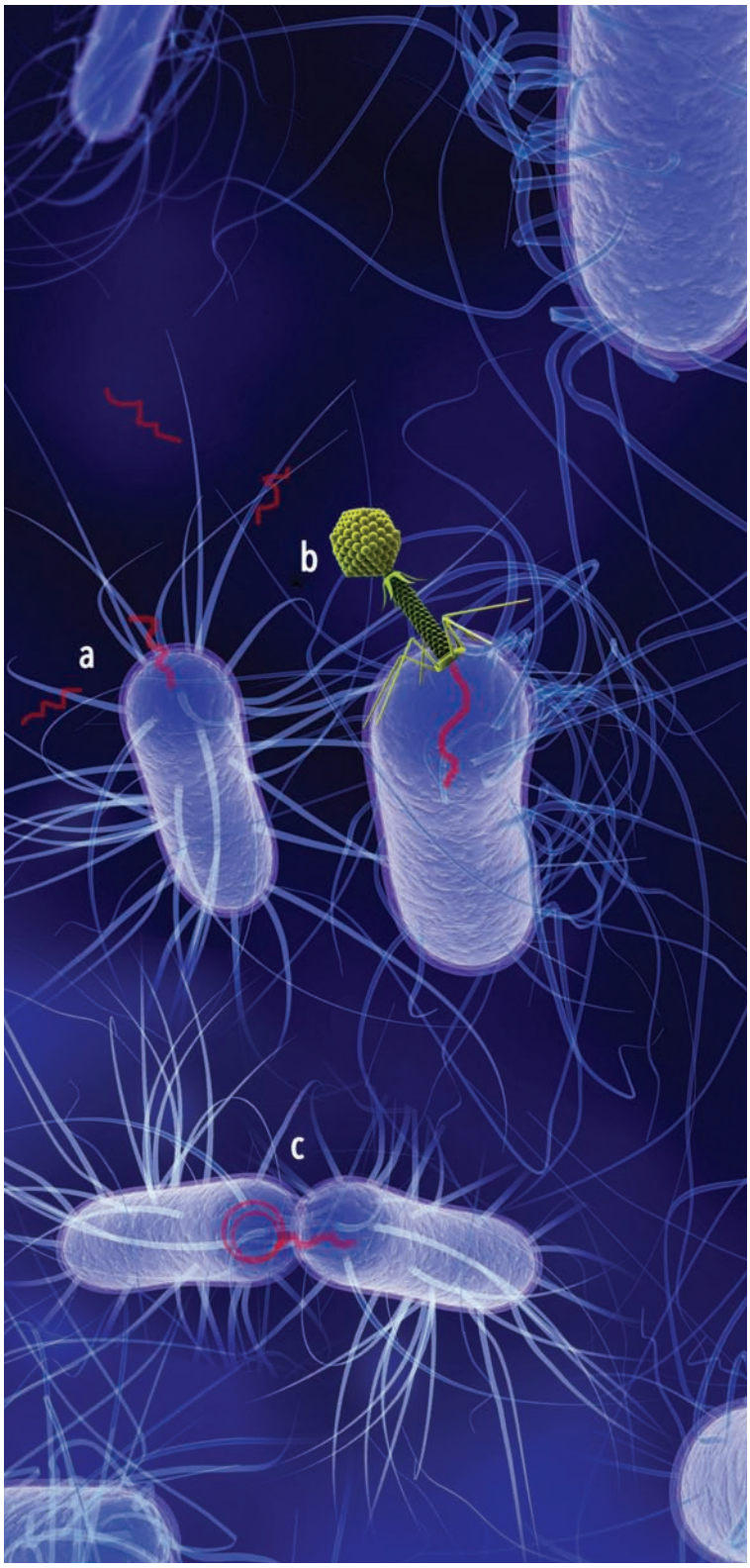
¿CÓMO ADQUIEREN LAS BACTERIAS RESISTENCIA A LOS ANTIBIÓTICOS?

Las bacterias son microorganismos unicelulares procariotas, es decir, pertenecen a un grupo de seres vivos entre cuyas características está carecer de núcleo celular u otras partes internas limitadas por una membrana. Suelen medir unos pocos micrómetros y tener diversas formas, desde esférica a cilíndrica o espiral. Son organismos asexuados que se reproducen por simple división. Estuvieron entre las primeras formas de vida terrestre, aparecidas hace unos 4000 millones de años, y hoy su abundancia es tal que forman una biomasa mayor que la de todas las plantas y los animales del planeta. En el cuerpo de cada persona hay diez veces más bacterias que células humanas, la mayoría inocuas, algunas beneficiosas y unas pocas perjudiciales, causantes de enfermedades como cólera, lepra o úlceras duodenales.

Para combatir las bacterias patógenas se usan los antibióticos, sustancias naturales (o derivadas de ellas) con la capacidad de contrarrestar la acción y el crecimiento de esas bacterias, e incluso de matarlas. Uno de los primeros antibióticos ampliamente usados fue la penicilina, en la década de 1940, seguido en exitosa y acelerada sucesión por muchos otros. Sin embargo, hoy nos encontramos con bacterias capaces de resistir el ataque de los antibióticos. ¿Cómo adquirieron esa resistencia?

Principalmente por dos caminos. Uno es la clásica evolución por selección natural: si la acción de un antibiótico no elimina del organismo a toda la población bacteriana contra la cual fue recetado, aquellos que sobrevivan serán los individuos naturalmente más resistentes. Esas bacterias sobrevivientes llevan en su genoma genes que les permiten soportar la acción del antibiótico. Su reproducción producirá una población bacteriana refractaria al antibiótico.

El otro camino es el representado en la figura, que incluye tres formas posibles de transferencia de genes entre bacterias. Esto significa que la capacidad de resistir a un antibiótico no solo se transmite en forma vertical a la descendencia sino, también, de manera lateral a individuos no necesariamente emparentados, con los cuales terminan compartiendo trocitos del genoma. Si esos segmentos compartidos de ADN llevan el o los genes que confieren la resistencia al antibiótico, esta se difunde más rápido entre la población, pues las bacterias que recibieron ese ADN de sus pares podrán soportar una nueva exposición al antibiótico.



Existen diferentes mecanismos por los que las bacterias transmiten a otras genes que confieren resistencia a antibióticos, entre ellos: (a) contacto entre ellas; (b) liberación de material genético en el medio extracelular y su captación por otra bacteria, y (c) transferencia por medio de virus –en rojo– que las infectan.

Asia. Gran parte de los infectados por ella habían recibido atención médica en la India, que en muchos casos consistió en cirugía plástica no restauradora.

Vigilancia y medidas de control

El éxito de las superbacterias parece depender de varios factores: por un lado, está la adquisición de resistencia a la acción de los antibióticos, sea por selección natural o por la transmisión de genes de resistencia de una bacteria a otra (véase recuadro '¿Cómo adquieren las bacterias resistencia a los antibióticos?'); por otro lado, la intensa utilización de antibióticos lleva a la proliferación de esos microorganismos resistentes, a lo que se suma la multiplicación de los viajes internacionales, por los que se diseminan tales bacterias entre individuos de regiones geográficas distantes. Sin duda, la resistencia a los antibióticos se convirtió en una crisis sanitaria global.

Los países que hacen un control riguroso de las infecciones en sus hospitales, como Dinamarca, Holanda y Finlandia, han conseguido mantener muy bajas las tasas de infección por *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina. Las formas de control van mucho más allá del uso de guantes y máscaras y de la asepsia eficiente de manos e instrumentos médicos. En estos países, los hospitales realizan cultivos periódicos con muestras de pacientes infectados y de no infectados en riesgo de contraer la bacteria resistente. Los individuos contaminados permanecen aislados, en enfermerías separadas, hasta que la superbacteria resulta eliminada de sus organismos.

Los microorganismos siguen evolucionando y acumulando mutaciones genéticas que les confieren resistencia a sucesivas drogas, en algunos casos a todas las usadas para combatirlos. Al mismo tiempo, los investigadores buscan nuevos antibióticos pero, a pesar de sus esfuerzos, el número de drogas nuevas aprobadas para su comercialización fue disminuyendo a lo largo de los años. Y ante cada nuevo antimicrobiano que se descubre, las bacterias adquieren nueva resistencia, e incluso proliferan en su presencia. También se estudian posibles vacunas contra bacterias multirresistentes, pero hasta el momento ninguna fue aprobada para uso comercial. Por todo ello, los médicos encuentran crecientes dificultades para tratar a sus pacientes con drogas adecuadas.

Es cada vez más claro que la diseminación de superbacterias puede provocar pandemias. De ahí que se requiera una vigilancia constante y efectiva, y medidas de control mayores que las adoptadas hasta el presente, tanto nacionales como internacionales. Para esto es importante que existan redes públicas de vigilancia y una estrecha colaboración entre los países. Sorprende que, a pesar de los avances de la biología molecular, la biotecnología y los secuenciamientos genómicos, la comunidad científica y sanitaria no haya constituido redes eficientes para detectar y prevenir la aparición de bacterias multirresistentes. Es imprescindible evitar que los hospitales y otros servicios asistenciales, al cumplir su función principal de promover la salud de la población, generen más enfermedades.

Dado que la cantidad de infecciones provocadas por bacterias resistentes es proporcional al consumo de antibióticos, la ruta más promisoria para controlar el trastorno es frenar el uso excesivo de ese tipo de medicamentos. Es posible que muchas prescripciones de antibióticos puedan ser innecesarias o incorrectas; por ejemplo, las hechas por razones precautorias en casos de enfermedades cuyo origen se desconoce, o para infecciones por virus, contra los cuales no actúan los antibióticos. El problema se agrava en países en que la venta de antibióticos está regulada de modo inadecuado.

Nos cabe a los científicos realizar investigaciones que conduzcan a nuevas drogas para combatir los microorganismos multirresistentes, y compete a los gobernantes adoptar medidas prácticas, entre ellas, una vigilancia constante de la aparición y la diseminación de esas bacterias. Finalmente, queda en manos de la población mantenerse informada y adoptar conductas que no contrarresten los esfuerzos de las instituciones, las autoridades y los integrantes de las profesiones sanitarias, así como estar en condiciones de hacer valer sus derechos si fuera necesario para mejorar la calidad de los servicios de salud. CH

Adaptado de *Ciência Hoje*, 48, 287: 22-27, noviembre de 2011

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2012, *The evolving threat of antimicrobial resistance. Options for action*, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

AMARAL MM *et al.*, 2005, 'The predominant variant of the Brazilian epidemic clonal complex of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* has an enhanced ability to produce biofilm and to adhere to and invade airway epithelial cells', *Journal of Infectious Diseases*, 192, 5: 801.

KLEVENS RM *et al.*, 2007, 'Invasive methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections in the United States', *Journal of American Medical Association*, 298, 15: 1763.

WALSH TR, 2010, 'Emerging carbapenemases: a global perspective', *International Journal of Antimicrobial Agents*, 36, suplemento 3, p. S8.

VINCULACIÓN TECNOLÓGICA

Biotecnología al servicio de la salud

Cuatro *start up* invitadas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva a la BIO 2013 presentaron soluciones innovadoras en el área biomédica y de salud animal.

Por Ana Belluscio

Parches para regeneración de piel y tejidos. Vacunas para ganado y productos biotecnológicos de uso veterinario. Hemoderivados y proteínas plasmáticas. Cráneos a medida. Estas fueron las cuatro propuestas que presentan las start up invitadas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva a la Convención Internacional de Biotecnología BIO 2013 en Chicago, Estados Unidos.

Para los investigadores de Biomatter, el proceso de recuperación de heridas profundas de la piel comienza directamente en el quirófano. Diseñaron un procedimiento donde el cirujano toma una muestra de piel del paciente, la ingresa a un dispositivo que separa los queratinocitos –células de la piel–. Luego, coloca membranas bioabsorbibles sobre la herida y se agregan las células obtenidas, que usan el material de la membrana para proliferar y regenerar el tejido dañado.

"Este procedimiento no genera rechazo por parte del paciente, porque se usan sus mismas células sobre la membrana, y es especialmente útil en casos de quemaduras graves, lesiones profundas de la piel, escaras y úlceras epidérmicas", explica Élida Hermida, investigadora independiente del CONICET y directora técnica de Biomatter.

Bioimanay es una empresa que se dedica al desarrollo de proteínas recombinantes para humanos y de uso veterinario, y la start up ya cuenta con un portfolio de productos como vacunas y proteínas para alimentación de ganado, entre otros.

"Nosotros desarrollamos una metodología específica para obtener proteínas recombinantes de uso biomédico, tanto para humanos como animales. Como su desarrollo es específico para cada producto, nos permite ofrecer desarrollos a medida de las necesidades", explica Federico Marque, director de la empresa.

María Susana Vitali, directora de Desarrollo de Productos y Procesos del Laboratorios de Hemoderivados, explica que las proteínas que se obtienen a partir del plasma humano son fundamentales para el tratamiento de enfermedades como la hemofilia, deficiencias del sistema inmune o para prevenir la coagulación de la sangre.

"Sin embargo, la disponibilidad de esas moléculas depende de los donantes que aportan a los bancos de sangre. Nosotros trabajamos en la obtención de hemoderivados desde los 70, pero ahora el foco está puesto en el desarrollo de estas proteínas por vía recombinante, para tener mayores volúmenes disponibles y no depender de los dadores", comenta.

Actualmente en el Laboratorio de Hemoderivados, que depende de la Universidad Nacional de Córdoba, se obtienen proteínas plasmáticas como albúmina, gammaglobulina intravenosa e inmunoglobulinas –que regulan el funcionamiento del sistema inmune–, factor VIII antihemofílico, antitrombina III –un anticoagulante–, entre otros.

"Pero además estamos trabajando en el desarrollo de proteínas recombinantes, específicamente el factor IX, fundamental para el tratamiento de la hemofilia B", agrega. Según Vitali, el Laboratorio de Hemoderivados es el más grande de su tipo en Argentina y el de mayor capacidad productiva en América del Sur.

En Raomed también trabajan con implantes óseos, pero Santiago Olmedo, director de la empresa, explica que ellos trabajan con "cráneos a medida", un método que permite generar implantes de un sustituto de hueso para utilizar en casos de accidente o lesiones.

"A través de una tomografía computada obtenemos la forma exacta del faltante en el cráneo. Luego desarrollamos un molde del mismo tamaño, de silicona, y se rellena con materiales biocompatibles", explica, y agrega que al momento tienen 70 casos de éxito y que ninguno de los pacientes desarrolló ningún tipo de rechazo al implante.

Diálogo con un becario

Nahuel Francisco Schenone, becario posdoctoral del CONICET, se doctoró en biología en el Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, y actualmente se encuentra desarrollando un posdoctorado en el Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL-CONICET).
Es uno de los científicos que viajaron a comienzos de este año a la provincia de Formosa para conocer a fondo sus riquezas ictícolas. El objetivo: contribuir con datos científicos y propuestas para el desarrollo comercial y sustentable de la corvina de río (*Plagioscion ternetzi*) y otras especies locales.

Por Lucila Espósito

¿En qué trabajaron durante esta visita?

En principio nuestro objetivo fue la determinación de la gran biodiversidad ictícola de la cuenca del río Paraguay, particularmente de Formosa, en relación directa con el Proyecto de Código de Barras Genético a escala nacional. En tres días pudimos recolectar casi 70 especies diferentes de peces que no teníamos, y que llevamos a las colecciones de la Universidad Nacional de Mar del Plata, donde tiene sede el Proyecto de Código de Barras Genético Ictícola. Este es el primer año que trabajamos específicamente con la corvina de río, que es la especie comestible más preciada en la región, tanto por su valor comercial –se la puede encontrar en gran cantidad– como así también nutritivo. A su vez representa un ícono social y cultural muy importante.

¿Cómo fue la relación con las personas del lugar?

El aporte de conocimientos de los pescadores nos dio una visión concreta de las preocupaciones generales sobre el recurso que, junto con las investigaciones que estamos desarrollando, se podrán contextualizar y analizar correctamente. Además la calidez y la receptividad de todas las personas le dieron a nuestra participación un marco de alegría y fortaleza que nos ayudó en todo momento.

¿Qué buscan conocer de las especies con las que trabajan?

Lo que hacemos es combinar el análisis de la taxonomía, más tradicional, con el del código de barras genético para así poder determinar, por vía molecular, la filogenia de la especie, es decir para saber qué especie es. Nuestra línea de trabajo además se relaciona con las pesquerías ya que buscamos conocer cómo se lleva a cabo la reproducción de los peces. Estudiamos distintos parámetros como en qué lugares del río sucede, en qué meses y cuáles son las tallas. Finalmente, también hacemos un estudio de calidad de agua, entre otras cosas para ver la influencia del ambiente y la contaminación.

¿Cómo impacta a nivel de las poblaciones locales la abundancia de esta especie?

La gente de la región tiene una vinculación muy importante con el río, como en todo el Litoral, donde la cultura de alimentarse a base de peces de río está bastante arraigada. La corvina de río es muy preciada por su carne, pero también se pesca y se comercializa dorado, surubí, boga y pacú. Si bien la economía regional no se basa en la pesca, su impacto local es importantísimo y muchas familias dependen de esta actividad para su sustento económico y alimentario. La propia Fiesta de la Corvina es una fuente de ingresos importante para los habitantes locales, que sí dependen totalmente de la pesca.

¿En qué estado están las poblaciones de corvina de río actualmente?

En esta región, últimamente las poblaciones de corvina de río están afectadas por varios factores, entre ellos los climáticos, en especial por las sequías de la zona que provocan grandes mortandades de peces por falta de oxígeno, disminuyendo su fuente de alimento. Entre otros factores bajo estudio, también debemos considerar que es un recurso compartido con la República del Paraguay, lo que incrementa las variables a contemplar a la hora de analizar los resultados. En comparación con años anteriores la pesca fue menor. Esta era una gran preocupación de los pescadores, básicamente porque no sabían a qué atribuirle la merma. En este sentido, nuestra presencia también ayudó a despejar esas dudas.

Y-TEC - YPF TECNOLOGÍA

"Y-TEC es un ejemplo de cómo el CONICET puede organizarse y contribuir al impulso de sectores estratégicos para el país"

Santiago Sacerdote, vicepresidente del CONICET, cuenta los avances en la empresa creada entre YPF y el Consejo. El nuevo edificio y las líneas de investigación y desarrollo.

En diciembre la presidenta de la Nación, Cristina Fernández de Kirchner, anunciaba la creación de YPF Tecnología. Meses después, la empresa creada por YPF, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación y el CONICET, avanza en su puesta en funcionamiento y en sus diferentes líneas de investigación y desarrollo.

Santiago Sacerdote, vicepresidente de Asuntos Tecnológicos del CONICET y director general adjunto de YPF Tecnología, cuenta que la empresa ya se creó formalmente, con una participación en las acciones del 51 % por parte de YPF y 49% de CONICET. Detalla que la empresa, que a partir de ahora se llamará Y-TEC, significa una "fuerte e importante apuesta" para ambos socios.

"YPF ha transferido a Y-TEC la totalidad de los recursos humanos, equipos e infraestructura de investigación y desarrollo que componían su histórico Centro de Tecnología Aplicada (CTA) ubicado en Berisso, y confiará en la nueva empresa todos sus requerimientos de I+D y servicios tecnológicos que demandará esta nueva etapa de desarrollo de YPF".

Asimismo, señala Sacerdote, "por nuestra parte estamos recorriendo todo el CONICET y convocando a los investigadores a sumarse a los equipos de trabajo. Queremos en dos años triplicar la dotación de científicos de Y-TEC y llegar a contar con 250 personas en los distintos grupos de investigación. Igualmente, Y-TEC seguirá manteniendo un vínculo activo con distintos institutos con los cuales articulará la ejecución de proyectos específicos de I+D. El Ministerio ha aprobado ya algunos de estos proyectos y su financiamiento permitirá la incorporación de equipamiento de punta tanto en la empresa como en los institutos".

En cuanto a la orientación general de la empresa, Sacerdote explica que "Y-TEC es una empresa esencialmente de tecnología, y va a buscar generar y aplicar conocimientos en distintas áreas de la industria energética y ser referente internacional en la materia". Y agrega que "desde el punto de vista tecnológico, en el sector de la energía el país enfrenta grandes desafíos asociados a la explotación de las reservas no convencionales y la diversificación de las matriz energética aprovechando las energías renovables".

"De esta forma, Y-TEC centrará su esfuerzo inicial en generar capacidades únicas en torno a recursos humanos y equipamiento de primer nivel, y focalizará sus actividades en la investigación orientada a generar soluciones tecnológicas de alto impacto para el sector, y en la prestación de servicios de desarrollo tecnológico a las pymes que acompañen este proceso".

Consultado sobre las líneas de investigación de la nueva empresa, Sacerdote explica que "si bien Y-TEC tendrá como uno de sus objetivos prioritarios generar y aportar conocimientos para la rápida y eficiente explotación de los yacimientos no convencionales que posee el país, trabajará también en la generación de tecnologías para obtener una mayor producción en yacimientos maduros (*upstream*), para la optimización de procesos petroquímicos y generación de nuevos subproductos (*downstream*), y para el desarrollo de distintas energías renovables que la Argentina posee y aún no ha aprovechado su enorme potencial".

El desarrollo de yacimientos no convencionales ha sido señalado como la gran oportunidad y el gran desafío del país en materia energética. En este sentido, el vicepresidente explica que "Argentina tiene la oportunidad de desarrollar sus yacimientos con tecnología propia, es decir, la oportunidad no es solamente extraer y aprovechar los recursos energéticos, sino también generar una empresa de tecnología referente en el rubro. Tiene las capacidades para hacerlo".

"Desarrollar Y-TEC significa que el Proyecto YPF, que es para mí el proyecto de desarrollo más importante que ha tenido el país en los últimos 40 años, se pueda llevar adelante con tecnología argentina y con empleo argentino. Significa no sólo un paso más en el camino hacia la soberanía energética, sino también a la

PERSPECTIVA AEREA CONJUNTO

PERSPECTIVA PEATONAL ACCESO

PERSPECTIVA AEREA ACCESO

soberanía tecnológica a la que debiéramos aspirar en sectores estratégicos", afirma.

Finalmente, Sacerdote detalla que "un objetivo no menor de Y-TEC será impulsar la cadena de valor nacional, transfiriendo conocimientos y apoyando el desarrollo de un entramado pyme tecnológico en el sector".

"Un edificio emblemático de la ciencia"

La sede de Y-TEC se construirá en un terreno de 5 hectáreas situado en el partido de Berisso, próximo a las instalaciones de YPF y a otros institutos del CONICET, el cual fue comprado por los socios a la Universidad Nacional de La Plata.

"La empresa hoy tiene algo más de 100 personas y proyectamos un edificio para un grupo de investigación de 250 personas en unos 11.000 metros cuadrados, en los cuales habrá también un sector específico para grandes equipamientos y plantas piloto. Es un edificio que será emblemático de la ciencia", explica Sacerdote. En el predio contiguo, la UNLP proyecta la construcción de un Centro Regional de Extensión Universitaria y un parque de uso público de 40 hectáreas.

Para el diseño del edificio, en diciembre de 2012 se lanzó un concurso privado de ideas en el cual participaron siete destacados estudios de arquitectura con amplios antecedentes en el desarrollo de edificios destinados a la investigación. Tomando estas propuestas, YPF, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, el CONICET y la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) eligieron recientemente el diseño arquitectónico ganador para la futura sede de Y-TEC.

El proyecto seleccionado correspondió al trabajo realizado por el estudio Antonini, Schon, Zemborain, y bajo el nombre de "Anillo" propone la realización de un edificio con una planta cilíndrica, con dos niveles, vinculando el cuerpo central a un volumen anexo que albergará las plantas piloto.

En relación con los tiempos de obra, Sacerdote detalla que "ahora se inicia un período de 4 meses en el que se desarrollará en detalle el proyecto ejecutivo, y esperamos que en el segundo semestre comience la obra, que duraría unos 15 meses, finalizando a fines del 2014". Y completa informando que "el edificio nos permite el crecimiento previsto y podría anexar en una segunda fase instalaciones por otros 10.000 metros cuadrados".

La propuesta fue elegida por un jurado que integraron el presidente de YPF, Miguel Galuccio, el ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Lino Barañao, el presidente del CONICET, Roberto Salvarezza, y el rector de la UNLP, Fernando Tauber.

Y-TEC y el CONICET

"La experiencia de Y-TEC es muy significativa para el CONICET, no porque es la primera empresa en la que participa como accionista, que sería un dato menor, sino por el rol protagónico que adoptamos a través de Y-TEC en el proyecto de desarrollo país", sostiene Sacerdote, y agrega que "además es importante porque empieza a moldear una forma de organizarse y de organizar la transferencia de tecnología en el marco de grandes proyectos dentro del Consejo".

El vicepresidente del organismo sostiene que "es posible identificar en la comunidad científica una creciente vocación por involucrarse personal e institucionalmente con las necesidades y oportunidades de la sociedad, y ver de qué manera podemos generar y aportar conocimiento en áreas estratégicas", y concluye "en este caso, una de esas grandes oportunidades es el desarrollo de los recursos energéticos del país".

"Al ser una empresa en la cual somos parte, Y-TEC está siendo un canal natural y dinámico de canalización y transferencia de desarrollos para una determinada área del conocimiento, que en este caso es la energía. Esta experiencia está siendo muy buena, y habría que pensar si no es conveniente y posible replicarla en otras áreas estratégicas, donde Argentina cuenta con capacidades para la generación de conocimientos y oportunidades para transformarlos en aplicaciones y tecnologías de alto impacto social y económico".

Por consultas sobre Y-TEC dirigirse a prensa@conicet.gov.ar.

María Semmartin
Facultad de Agronomía, UBA

La basura y el ciclo de los materiales

La circulación de los materiales en los ecosistemas es un concepto algo abstracto y difícil de enseñar. En el ciclo natural de los materiales, sustancias como carbono, agua, nitrógeno o calcio se transfieren sucesivamente de vegetales a herbívoros, carnívoros, el suelo y la atmósfera. Durante ese pasaje también se transforman. Ese ciclo resume la vida.

Algunas de esas transferencias, como el ingreso del carbono atmosférico en los vegetales por fotosíntesis, reciben importante atención en los programas escolares de ciencias naturales, aun tratándose de procesos complejos. En cambio, otros pasos del ciclo de los materiales, como la descomposición, que son tan cruciales como la fotosíntesis, son objeto de bastante menos atención y, por lo tanto, se entienden menos. A esto se agrega que la descomposición ocurre en la oscuridad del suelo y la protagonizan principalmente microorganismos invisibles al ojo humano. Como resultado, el fenómeno resulta poco conocido para la mayoría.

Sin embargo, la transformación de los residuos vegetales y animales durante la descomposición es la pieza fundamental que pone los nutrientes contenidos en esos residuos nuevamente a disposición de las plantas. Y también es la razón de que no vivamos sumergidos en montañas de desechos.

En esta nota utilizaremos un problema serio de las sociedades modernas, el de los residuos sólidos urbanos, para ilustrar el proceso permanente de circulación de los materiales en los ecosistemas terrestres, con especial énfasis en la descomposición de los residuos.

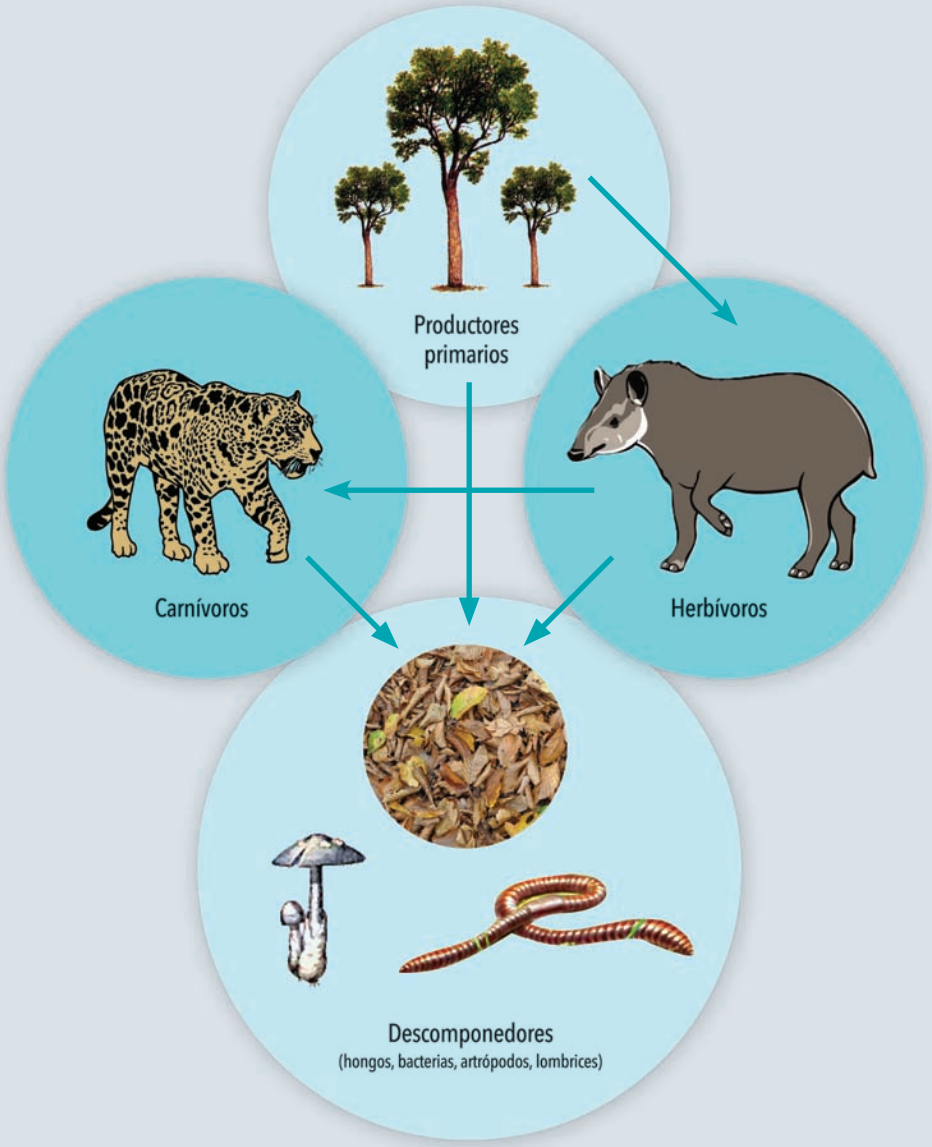


Figura 1. Circulación de los materiales en los distintos componentes de un ecosistema de bosque.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Cómo aprovechar en la escuela la abrumadora presencia de basura doméstica para que los alumnos comprendan los ciclos de los materiales en los ecosistemas.

Empecemos por algún lado

Un caso utilizado con frecuencia para ilustrar el ciclo de los materiales es un ecosistema de bosque o de selva, de los que en la Argentina son ejemplos las selvas misionera o de las yungas, y los bosques del chaco o de los Andes patagónicos. En esos ecosistemas los árboles son la forma dominante de vegetación y proveen alimento y refugio a un diverso espectro de animales (artrópodos, aves, mamíferos u otros). Uno de los elementos notables de selvas y bosques es la acumulación sobre el suelo de un denso manto de hojas muertas u hojarasca, utilizado como alimento y refugio por animales de pequeño porte (figura 1).

Si bien el ciclo de los nutrientes se puede comenzar a describir por cualquiera de sus etapas, resulta útil hacerlo por la fotosíntesis, que es bastante familiar para la mayoría de la población escolar. La fotosíntesis, por otro lado, origina el más importante ingreso de carbono atmosférico al bosque, por lo que indudablemente es un buen punto de partida.

La fijación del dióxido de carbono del aire en las plantas y su transformación en azúcares durante la fotosíntesis ocurre a expensas de estructuras celulares que requieren nutrientes minerales para su funcionamiento. Esos nutrientes minerales –nitrógeno, fósforo, calcio, potasio y muchos otros–, a diferencia del carbono, ingresan en la planta por las raíces, junto con agua, en un líquido que se llama *solución del suelo* y que no es otra cosa que agua con sales disueltas.

Si imaginamos un bosque caducifolio, en el que los árboles renuevan sus hojas periódicamente (generalmente en otoño), parte de los materiales fijados en sus hojas cae cada año al suelo en forma de hojarasca. Otra parte, en cambio, es movilizada en los procesos internos de la planta, y termina en estructuras como el leño, donde permanece almacenada por años. Las hojas que envejecen, en un proceso natural que se denomina *senescencia foliar*, caen al suelo, donde son trituradas por una variada comunidad de insectos para la cual constituyen fuente de alimento. Ese es el comienzo del proceso de descomposición, que continúa a cargo de un elenco también sumamente variado y numeroso, principalmente de hongos y bacterias. Todos esos organismos conforman la comunidad de descomponedores o comunidad detritívora que habita el suelo (figura 2).

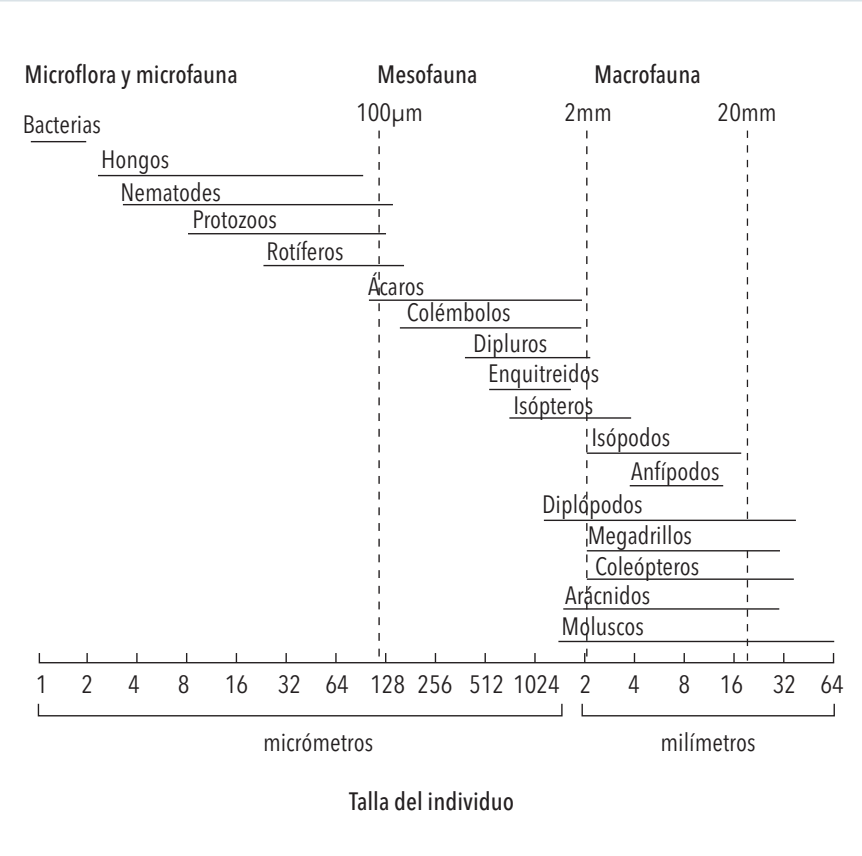


Figura 2. Tipos representativos y tamaños de los organismos del suelo que integran la comunidad de descomponedores o comunidad detritívora. Adaptado de Swift *et al.*

Si volvemos a las hojas de los árboles, antes de senescer podrían haber sido consumidas por algún herbívoro que, a su vez, podría llegar a ser presa de un carnívoro. En ambos casos, parte de los materiales que estaban originalmente en la hoja consumida muy probablemente terminen en el suelo, en forma de heces o cadáveres de los herbívoros o sus predadores.

Lo descripto hasta aquí no es otra cosa que la transferencia de materiales –y la energía contenida en ellos– a lo largo de sucesivos eslabones de una cadena trófica. Esos eslabones son, por lo menos, tres: (i) un productor primario, el árbol; (ii) un consumidor primario, el herbívoro, y (iii) un consumidor secundario, el carnívoro. Si bien la hojarasca conforma la porción por mucho mayoritaria de los restos depositados sobre el suelo, cada uno de esos eslabones aporta materia para el último, que cierra el ciclo: el de la descomposición, a cargo de los descomponedores.

¿Qué ocurre una vez en el suelo?

En el suelo, los restos son presa de una enorme diversidad de organismos, desde artrópodos hasta hongos y bacterias. Esos descomponedores, igual que los herbívoros y carnívoros, son *heterótrofos*, porque se alimentan de otros organismos pero, a diferencia de ellos, lo hacen principalmente de tejidos muertos. Aprovechan la energía y los nutrientes contenidos en esos tejidos y, como cualquier otro organismo, incorporan una parte a sus propios tejidos para mantenerse y crecer, y excretan el resto. Tanto las heces y otros residuos metabólicos, o los organismos cuando mueren, se incorporan al suelo, donde se descomponen.

Entre los descomponedores hay microorganismos que, entre otras, cumplen una función muy especial. Se trata de hongos y bacterias que transforman los nutrientes contenidos en moléculas orgánicas de los tejidos muertos, como proteínas, celulosa y otras, en moléculas inorgánicas, por ejemplo, en sales de nitrógeno

o de fósforo. Estas moléculas inorgánicas pasan a la solución del suelo, desde donde las plantas pueden absorberlas nuevamente por sus raíces y transformarlas, una vez más, en parte de su estructura.

Este proceso, que experimentan el carbono y los nutrientes minerales, se denomina *mineralización*, por su vuelta a las formas minerales. Una diferencia entre el carbono y el resto de los nutrientes, que no trataremos aquí, es que con la mineralización el carbono, en lugar de volcarse a la solución del suelo, se transforma en gas –dióxido de carbono–, vuelve a la atmósfera y queda nuevamente disponible para que las plantas lo capturen durante la fotosíntesis.

Es así que la mayor parte de los minerales que consumimos con los alimentos y desechamos en nuestros procesos metabólicos y fisiológicos está literalmente dando vueltas en el ecosistema desde hace miles de años. No obstante, durante estos ciclos parte de los nutrientes queda retenida en reservorios del suelo que se renuevan muy lentamente; podríamos decir que quedan secuestrados allí en forma de materia orgánica.

La materia orgánica constituye una porción usualmente pequeña de los suelos (no supera el 5%), pero es muy importante ya que, combinada con las arenas, los limos y las arcillas, forma una matriz por la que circulan el aire y el agua. El suelo constituye el sustrato que alberga las raíces de las plantas y las semillas que caen y germinan en él. Sobre la superficie del suelo y en los primeros centímetros de profundidad ocurre la descomposición de los residuos y la mineralización de los nutrientes a que nos hemos referido. En última instancia, el suelo es el soporte de la vida en la Tierra.

Figura 3. Compostera comunitaria en un parque público de Rennes, la capital de Bretaña, en Francia. La municipalidad invita a los vecinos a llevar sus residuos y les provee instrucciones precisas y un rastrillo para mezclarlos. Foto Federico Weyland

De esta manera, en el silencio y la oscuridad del suelo los organismos descomponedores no solo transforman la materia muerta en formas nuevamente disponibles para las plantas; también evitan la acumulación creciente de residuos, que impediría la vida tal como la conocemos.

Los residuos urbanos tomados como ejemplo

Si bien los estudiantes pueden entender razonablemente la descripción que hemos hecho de la circulación de los materiales, necesitan hacer un esfuerzo de abstracción considerable para comprender algunos pasajes. En el aula ese esfuerzo de abstracción muchas veces empaña la motivación por aprender, un ingrediente fundamental del proceso de enseñanza-aprendizaje.

¿Podemos hacer algo para que la circulación de los materiales por el ecosistema, y particularmente lo que ocurre en el suelo, sea más fácil de asimilar? Muchos docentes sospecharán que transportar mentalmente a los alumnos a la penumbra de un bosque probablemente no proporcione una motivación suficiente.

Si ese transporte fuera real y no imaginario, y los estudiantes pudieran apreciar concretamente la realidad de un bosque o una selva en una salida de campo o un viaje de estudios, seguramente su curiosidad y su interés por aprender aumentarían considerablemente.

Pero en la Argentina –y en muchos países– no son demasiados los estudiantes que viven en zona de bosques o selvas, ni son tantos los que pueden emprender viajes de estudios a zonas lejanas. Una posibilidad interesante, sin embargo, es valernos de un problema ambiental que todos de algún modo conocemos y que está instalado en la preocupación de las sociedades urbanas modernas: los residuos domésticos sólidos.

Solo la ciudad de Buenos Aires, con sus aproximadamente tres millones de habitantes, genera una inimaginable cantidad de residuos (véase Semmartin *et al.*, 'Los residuos sólidos urbanos, 200 años de historia porteña', Ciencia Hoy, 20, 116: 52-64, abril-mayo de 2010). Cada ciudadano, en promedio, produce aproximadamente 1kg diario de residuos. No es necesario un cálculo complicado para entender que en esta ciudad cada día alguien debe ocuparse de darle un destino final, como mínimo, a unos tres millones de kilogramos de residuos.

De ese kilogramo desechado diariamente por cada habitante, algo más de la mitad está compuesto de desperdicios de alimentos, mientras que el resto es un conjunto de materiales potencialmente recuperables por la industria del reciclaje, como plástico, cartón, papel, vidrio, metal y otros. Los restos de alimentos son muchos, lo que convierte en relevante lo que hagamos con ellos. Además, nos permiten estudiar la descomposición de los residuos y conocer mejor esa parte oscura del ciclo de los materiales.

Compostaje en el aula

El compostaje es la disposición y el acondicionamiento de los residuos orgánicos que favorezca su descomposición. Este proceso puede ser apreciado por los alumnos si participan en una experiencia de compostaje, que puede requerir un tiempo de dos o tres meses y tener lugar en cualquier momento del año. El compostaje casero es una práctica ancestral que sigue vigente en muchos vecindarios rurales y periurbanos y que, con algunos recaudos, también puede practicarse en ambientes netamente urbanos, en patios, balcones, terrazas o jardines (figura 3).

La versión más sencilla podría circunscribirse simplemente a observar y analizar el proceso de descomposición. Versiones más refinadas pueden incluir comparaciones entre distintos materiales, y la comprobación de la hipótesis de que la composición química de los distintos residuos afecta la velocidad de la descomposición. Por ejemplo, podría compararse la descomposición de materiales más recalcitrantes, como cáscaras de huevo o ramas de arbustos, en cuyos tejidos predominan sustancias complejas y difíciles de atacar por los descomponedores, con restos de hojas verdes o césped recién cortado, que están mayormente formados por celulosa y otras sustancias relativamente solubles y de más fácil descomposición. Otra hipótesis a probar podría relacionarse con el tamaño de los residuos, picando a cuchillo o moliendo residuos de diferente tamaño inicial (figura 4).

En cualquiera de sus versiones, se trata de invitar a los alumnos a traer restos orgánicos compostables de sus casas, armar las

mezclas que se descompondrán y llevar un registro de las proporciones de cada tipo de material que utilizan. La indicación de qué restos pueden traerse debe ser precisa: solo cáscaras u hojas verdes sin cocer ni condimentar, restos de poda y corte de césped del jardín. Deben excluirse restos animales de cualquier tipo, excepto cáscaras de huevo, lo mismo que partes carnosas de frutas y hortalizas, y todo vegetal cocido o condimentado. Si bien todos estos desperdicios son técnicamente compostables, durante el proceso liberan olores desagradables y atraen roedores.

Como composteras se pueden utilizar botellas plásticas descartables cortadas por la mitad y perforadas en su base (figura 4). Son preferibles los envases más grandes, de 4 o 6 litros. La cantidad de recipientes depende de los tratamientos a evaluar, pero conviene hacer la experiencia con cuatro o cinco de ellos para cada tipo de tratamiento, con el fin de obtener varios valores para cada uno (repeticiones). Esto, además de proveer una mejor estimación de lo que midamos, permite apreciar el concepto y ejercitarse en el cálculo de promedios y medidas de variabilidad.

Antes de repartir el material a compostar en los frascos, conviene homogeneizarlo a mano, usando guantes de goma o descartables. En el fondo de cada compostera, aunque no sea estrictamente necesario, puede agregarse una capa de un centímetro de tierra común, para inocular el material con los microorganismos del suelo. Esto hace más patente la idea de estar frente a un proceso biológico, a la vez que simula mejor las condiciones de descomposición en la naturaleza.

Idealmente, conviene colocar las composteras llenas en un jardín, directamente sobre la tierra, pero si solo se puede colocarlas en un patio, balcón o terraza, conviene apoyarlas sobre una terrina (una bandeja de cierta profundidad, vacía o llena con tierra). En este último caso, hay que tener la precaución de vaciar periódicamente el agua de lluvia o cualquier efluente que pudiera escurrir de las composteras. Las únicas medidas de mantenimiento, una o dos veces por semana, son controlar la humedad del compost y desapelmazarlo para favorecer la aireación. Esto se hace golpeando suavemente las composteras contra el suelo. El material en descomposición no debe estar ni muy húmedo ni muy seco; dependiendo de la región y la época del año, puede ser necesario rociarlo con agua o protegerlo de la lluvia.

Figura 4. Imágenes de la experiencia en el aula. Arriba: mezcla con residuos de la preparación de alimentos y del acondicionamiento del jardín. Centro: dos medidas de tamaño de fragmento de la misma mezcla (sin tratar a la izquierda y picada con cuchillo a la derecha). Abajo: los residuos con distinto tamaño de fragmento en sus composteras listos para comenzar el proceso de descomposición.

Figura 5. Compost terminado, listo para mezclar con tierra como fertilizante.

La tasa de descomposición puede evaluarse de distintas maneras: puede pesarse el material a lo largo del tiempo. Si se mantiene constante la humedad, el peso irá disminuyendo a lo largo de las semanas. A falta de balanza, puede registrarse la altura de los restos en cada recipiente, que debería ser cada vez menor, o bien cuantificar la proporción de los residuos que atraviesa un tamiz (por ejemplo, un colador de fideos).

Al finalizar la experiencia, los alumnos comprobarán que los residuos originales perdieron su identidad. Obtendrán una materia oscura, muy parecida a la tierra negra, pero enteramente producto de la descomposición y mineralización de los residuos que pusieron (figura 5). Exactamente lo mismo que ocurre en el suelo del bosque.

Con el fin de fortalecer conceptos sobre la circulación de los materiales, el docente puede preparar preguntas para trabajar en grupo o de cualquier otra manera. Algunas preguntas podrían ser: ¿Qué ha sucedido con los elementos químicos que constituían los residuos orgánicos? ¿Por qué lo que quedó es mejor fertilizante que lo que había al principio? ¿Qué pasaría con una semilla de poroto en la compostera antes y después de compostar? A los alumnos, además del aprendizaje, les quedará compost para fertilizar plantas en sus casas o la escuela.

Palabras finales

El trabajo realizado en el aula por medio de este tipo de experiencias se desdibuja con el tiempo, igual que el adquirido por métodos más tradicionales, pero suele dejar algunas marcas propias. Por un lado, quizá por lo poco frecuente, suele motivar más que los textos, los esquemas y las discusiones. Implica mayor compromiso y responsabilidad: conseguir los materiales, traerlos de la casa, repartirse las tareas de montaje, mantenimiento y registro, o incluso enfrentar desafíos prácticos acerca de cómo perforar un recipiente o cómo triturar y mezclar los residuos. Por otro lado, estas experiencias facilitan el entrenamiento y desarrollo de habilidades más generales como la observación, el planteo de hipótesis, la comparación y la interpretación de un resultado a la luz de esa hipótesis.

En relación con el aprendizaje conceptual específico de las ciencias naturales, esta clase de prácticas no solo ayuda a que tome cuerpo concreto –'baje a tierra', por así decirlo– un proceso abstracto que para los estudiantes siempre parece ocurrir en otro lugar, sino que también abre la posibilidad de dar pasos adicionales.

Por ejemplo, se puede comparar el ciclo de los materiales propio de los ambientes urbanos con el del bosque natural, y señalar sus similitudes y diferencias. También se puede considerar lo que ocurre con la descomposición de materiales que reciben el mismo destino que los restos de alimentos pero son de muy lenta descomposición, como los plásticos, el vidrio o los metales.

En resumen, el experimento del compostaje muestra de manera elocuente y concreta que la basura no desaparece como por arte de magia cuando se la lleva el recolector en su camión. Los alumnos más grandes pueden verse motivados o inducidos a investigar las opciones de tratamiento de residuos que se utilizan en su ciudad y en el resto del mundo. Los más motivados podrán replicar el ejercicio en su casa y seguir aprendiendo más allá de los límites físicos del aula. CH

LECTURAS SUGERIDAS

CHAPIN FS, MATSON PA & MOONEY HA, 2002, *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*, Springer Verlag, Nueva York.

MC NAUGHTON SJ & WOLF LL, 1984, *Ecología general*, Omega, Barcelona.

SWIFT MJ, HEAL OW & ANDERSON JM, 1979, *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*, Blackwell Scientific, Oxford.

María Semmartin

Doctora en ciencias agropecuarias, UBA.
Profesora adjunta, Facultad de Agronomía, UBA.
Investigadora adjunta del Conicet.
semmartin@agro.uba.ar

NÚMERO 33, julio-diciembre de 2013

GUÍA del cielo NOCTURNO

Jaime García

Luego de la fecha, una notación abreviada permite una rápida referencia sobre el tipo de evento descripto:

NOT **Notable,** interesante, espectacular. Para no perderse.

EFE **Efemérides planetarias** (equinoccios, conjunciones, oposiciones, etcétera).

OCL **Ocultación** de una estrella o planeta por la Luna u otro planeta.

ECL **Eclipse** de Sol o Luna.

MET **Lluvia de meteoros.**

MAP **Mapa del cielo** referente al encuentro celeste que se describe.

OBS **Observación** destacada o favorable de objetos de cielo profundo, como cúmulos, nebulosas o galaxias.

BIO **Datos biográficos** de un astrónomo cuyo natalicio se recuerda.

HIS **Suceso de interés histórico** (por ejemplo, aniversario de un descubrimiento).

Dado que nuestro objetivo es que la guía sirva para todo el país, el lenguaje se mantiene deliberadamente ambiguo. Por ejemplo, oeste significa el sector del cielo comprendido entre el oeste-sudoeste y el oeste-noroeste. Las alturas sobre el horizonte también son aproximadas. A modo de orientación: muy bajo (0 a 15°), bajo (15 a 30°), media altura (30 a 60°), alto (60 a 90°). Del mismo modo, las distancias angulares y posiciones relativas deben tomarse como valores aproximados que pueden variar de un sitio a otro, sobre todo cuando de la Luna se trate. Por el mismo motivo, evitamos dar horas precisas y nos referimos en términos de primeras horas de la noche, una hora antes de la salida del Sol, etcétera. Cuando se indican, los tiempos están dados en hora local (Argentina y Uruguay), correspondiente al huso horario -3 horas.

VISIBILIDAD DE LOS PLANETAS

MERCURIO

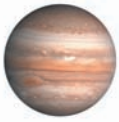
Visible rasante en el horizonte durante el crepúsculo vespertino durante los dos primeros días de julio, en el cuadrante noroeste, con brillo cada vez menor hasta desaparecer en el fulgor solar. Hacia la segunda mitad de julio pasará a ser matutino y continuando su visibilidad, primero con brillo y altura ascendentes y, enseguida, declinantes, hasta los primeros días de agosto, en el cuadrante este. A mediados de septiembre, reaparecerá en el cielo vespertino y ahí tendrá su mejor período de visibilidad, en esa segunda mitad del año, para volver a desaparecer a fin de octubre. Pasará a ser matutino durante un breve lapso a mitad de noviembre, para desaparecer en el fulgor solar por el resto del año.

VENUS

Este brillante planeta será visible en el atardecer durante todo el segundo semestre del año.

MARTE

El planeta rojo será matutino durante todo el semestre, apartándose lentamente del Sol, a medida que avance el año, o sea, naciendo cada vez más temprano, en la noche, pero nunca antes de la medianoche. El 31 de diciembre, por ejemplo, asomará por el este a las 0:50.



JÚPITER

Júpiter será visible en el crepúsculo matutino durante julio, naciendo cada vez más temprano, a medida que avanza el año. Hacia fines de diciembre estará saliendo casi en la puesta del Sol, ya que pasará por su oposición el 5 de enero de 2014.

SATURNO

Saturno irá aproximándose más al horizonte oeste a medida que avance el segundo semestre hasta perderse en el fulgor solar a mediados de octubre. Volverá a ser visible, pero matutino, a partir de fines de noviembre, continuando así hasta fin de año.

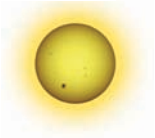
URANO

Estará visible en la segunda mitad de la noche, en la constelación de Pisces (los peces), durante todo julio, agosto y septiembre. Posteriormente, luego de pasar por su oposición, el 3 de octubre, se verá toda la noche. Finalmente pasará a verse en el cielo de la primera mitad de la noche, hasta fin de año.

NEPTUNO

Estará visible en la segunda mitad de la noche, en la constelación de Aquarius (el aguador), durante todo julio y hasta fin de agosto, pasando a verse toda la noche a partir del fin de agosto, cuando pasará por su oposición (26 de agosto). Luego pasará a verse en el cielo de la primera mitad de la noche, hasta fin de año.

Ilustración NASA, ESA y Hubble Heritage



Salida	Mediodía solar	Puesta
(1) 8:01	(1) 12:58	(1) 17:54
(15) 7:58	(15) 13:00	(15) 18:02

8
4:15

16
0:19

22
15:18

29
14:44

5 EFE

A las 11:44, la Tierra pasará por su afelio, punto en la órbita de la Tierra alrededor del Sol en que ambos se encuentran más alejados, a 152.097.525 kilómetros.

8 OBS

La Luna nueva ocurrirá a las 4:15 con la Luna en la constelación de Gemini. Será la oportunidad de apreciar a la magnífica constelación de Scorpius (el escorpión) justo en el cenit, a las 21 horas. El escorpión tiene a la notable estrella roja Antares en su corazón y muy próximo a ella está el cúmulo globular Messier 4, un objetivo interesante para cualquier telescopio. Antares recibe su nombre por su aspecto similar a Marte (Ares para los griegos) que la hace rivalizar con ese planeta, de ahí el prefijo *anti*. Si observamos hacia el norte, a eso de las 21, podremos ver la brillante estrella amarillo anaranjada Arcturus, de la constelación de Bootes, el boyero. Y hacia el noreste, encontramos la extensa constelación de Hercules, donde también hay otro notable cúmulo globular, Messier 13. En estas noches de Luna nueva será bueno percibir las dos coronas, la Boreal y la Austral, esta última aproximándose al cenit por el este, por encima de la *tetera* de Sagittarius, mientras que la Boreal se encuentra hacia el norte, entre Arcturus y Hercules.

16

El cuarto creciente de la Luna tendrá lugar en la constelación de Virgo, a las 0:19. Y esa noche se pondrá por el horizonte oeste muy próxima a la estrella Spica, la estrella alfa de esa constelación, a menos de 1 grado.

22 NOT MAP

Entre el 18 y el 25 de julio, bien temprano, antes del amanecer, como a las 7, se podrá apreciar la danza entre Júpiter y Marte que se aproximarán hasta que el día 22 pasarán a menos de 1 grado de separación (poco más de un diámetro lunar). A ellos se irá sumando Mercurio, más próximo al horizonte este. Para observarlos será necesario procurarse un horizonte que esté bien despejado. Para quienes viven en la ciudad de Buenos Aires, lo mejor será ir a la Costanera.

22

La Luna llena se produce a las 15:18, en la constelación de Sagittarius. Esa misma noche, a eso de las 19, se podrá ver a Venus en la constelación de Leo, el león, muy próximo a Régulo (Regulus), la estrella alfa y la más brillante de esa constelación, con aproximadamente 1 grado (dos diámetros lunares) de separación entre el brillante planeta y la estrella de primera magnitud.

29 MET

En la noche del 29 al 30 de julio se podrá presenciar la lluvia de meteoros Delta Aquaridas del Sur que pueden producir cerca de 20 meteoros por hora en su pico máximo. El pico de la lluvia usualmente tiene lugar entre el 28 y el 30 de julio, pero algunos meteoros y hasta bólidos pueden verse también durante su período de actividad que va del 18 de julio al 18 de agosto. El punto radiante de esta lluvia está en la constelación de Aquarius, el aguador. Este año, tal lluvia se verá muy afectada por la Luna que estará muy próxima en la constelación de Aries, pasando a su fase cuarto menguante.

29

La Luna pasará por su cuarto menguante a las 14:44, en la constelación de Aries, preparando el terreno para explorar el cielo oscuro, por ejemplo, observando objetos celestes débiles o, también, objetos de cielo profundo, como nebulosas brillantes y oscuras, cúmulos galácticos y globulares y galaxias. Un poco más al oeste, en la constelación de Pisces, se encontrará el planeta Urano, visible con binoculares, separados por unos 9 grados.

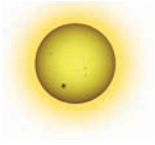
30 NOT

El planeta Mercurio pasará por su máxima elongación este a las 6 de la mañana, esto implica que será el momento más favorable para verlo durante el amanecer de este día, pues estará separado del Sol por 19,62 grados. Mercurio estará bastante brillante, en la constelación de Gemini, los gemelos. Como vimos, Mercurio estará muy próximo a Marte y Júpiter, formando un triángulo alargado, con él en la parte más próxima a la línea del horizonte.

Aspecto de la conjunción entre Marte, Júpiter y Mercurio, al amanecer del 25 de julio, mirando hacia el noreste. La imagen fue realizada por el autor con el programa gratuito de código abierto Stellarium para las coordenadas de Buenos Aires, a las 7:10.

AGOSTO

DJ 2456505 (JULIO 31 9:00 HORA LOCAL)



Salida	Mediodía solar	Puesta
(1) 7:47	(1) 13:00	(1) 18:13
(16) 7:32	(16) 12:58	(16) 18:24

6 18:52

14 7:57

20 22:46

28 6:36

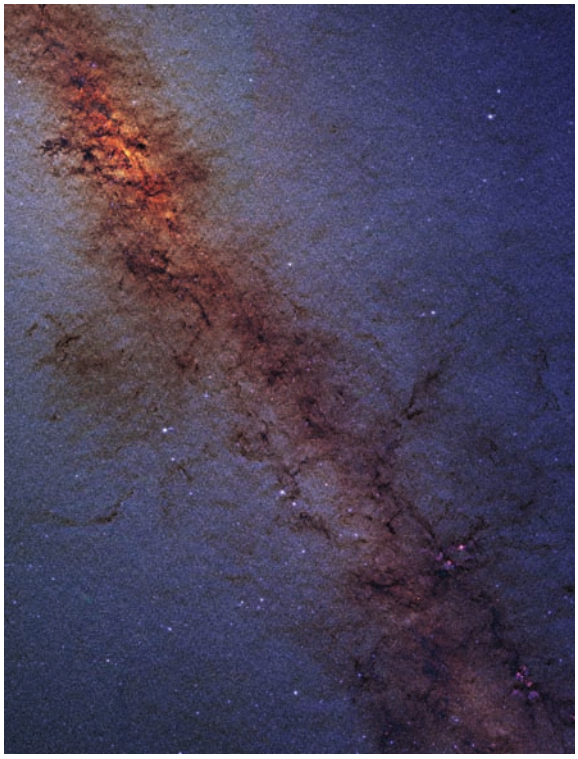
6 OBS La Luna nueva de agosto, que se producirá a las 18:52, nos permitirá apreciar el centro galáctico bien por encima de nuestras cabezas ya bien finalizado el crepúsculo astronómico, a eso de las 21:30. Esa rica zona entre las constelaciones de Sagittarius (el arquero), con su forma de *tetera*, y Scorpius (el escorpión), con su enorme cola, donde se destacan una serie de cúmulos galácticos, como Messier 6 y 7, nebulosas como Messier 8 y 20, y también cúmulos globulares como Messier 22 y 28. Estos objetos ya son observables con binoculares o pequeños telescopios. Pero, al ampliar el diámetro aumentando la luz recolectada proveniente de estos objetos, empiezan a lucir maravillosos, en especial las nebulosas.

12 MET Máximo de la lluvia de meteoros Perseidas. Se trata de una de las grandes lluvias de meteoros, pero de difícil visibilidad desde el hemisferio sur, dado que el punto radiante nunca sube por encima del horizonte para nuestras latitudes. Tiene una duración que se extiende entre el 23 de julio y el 22 de agosto, pero alcanza su máximo de unos 50 a 80 meteros por hora contándolos a su paso por el cenit, el 12 de agosto. Desde el sur pueden verse emerger del horizonte unos 5 a 10 meteoros por hora. Este año, será favorable para percibirlas dado que la Luna no interferirá con su brillo pues pasará por la fase de cuarto creciente el 14 de agosto a las 7:57.

24 El planeta interior Mercurio pasará por su conjunción superior con el Sol a las 18 horas, por lo tanto, no será visible por encontrarse oculto por el brillo solar. La conjunción superior se produce cuando un planeta interior se aproxima al Sol pero se encuentra más allá de él.

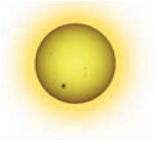
25 MET Máximo de la lluvia de meteoros iota Aquaridas del Norte. Esta lluvia de meteoros tienen una duración de aproximadamente un mes, entre el 11 de agosto y el 10 de septiembre, pero alcanza su máximo de unos 5 a 10 meteoros por hora contándolos a su paso por el cenit, el 25 de agosto. El punto del cual parecen emerger los meteoros se localiza en las coordenadas ascensión recta (AR) = 507° y declinación (dec) = 0°. En esta oportunidad, la observación no se verá favorecida porque la Luna habrá pasando por su fase llena el 20 de agosto a las 22:46.

26 EFE El planeta Neptuno en oposición al Sol, a las 21 horas. La oposición es cuando la Tierra se ubica entre el planeta y el Sol, lo que hace de ese momento el más favorable para la observación, ya que el planeta es visible durante toda la noche. Para observar a Neptuno es mejor utilizar un telescopio refractor de foco largo (relación focal superior a 10) o un Schmidt-Cassegrain, sin reductor focal. Esto es para lograr una mejor resolución y poder aplicar más aumentos, con el objeto de poder detectar el disco del planeta que, por esos días, rondará la magnitud 7,8, encontrándose en la constelación de Aquarius, el aguador.



El centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, se encuentra en la constelación de Sagitario. En luz visible, la mayor parte de las estrellas se ocultan detrás de densas nubes de polvo. Este polvo oscuro se vuelve cada vez más transparente en las longitudes de onda del infrarrojo. Esta imagen del rastreo 2MASS, que abarca un campo de unos 10 x 8 grados, revela una multitud de estrellas que de otro modo estarían ocultas, penetrando hasta el cúmulo central de estrellas de la galaxia. Imagen 2MASS / G. Kopan, R. Hurt, Wikimedia Commons.

28 El cuarto menguante de agosto se producirá en la constelación de Taurus, el toro, con la Luna pasando entre medio de los cúmulos galácticos de las Híades y las Pléyades, Messier 45. Para la noche ya la Luna estará al este de Aldebarán, la estrella anaranjada alfa de la constelación de Taurus.



Salida	Mediodía solar	Puesta
(1) 7:12	(1) 12:54	(1) 18:36
(15) 6:53	(15) 12:49	(15) 18:45

5
8:37

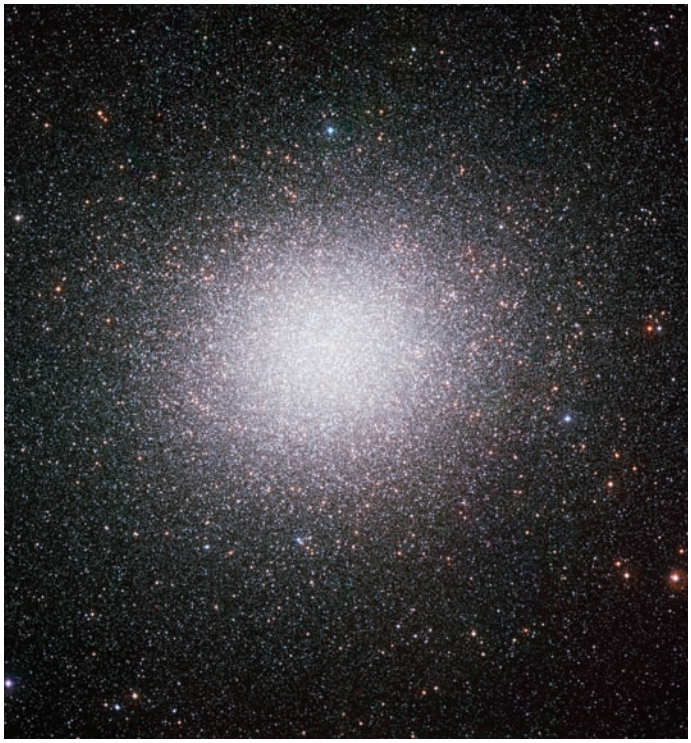
12
14:09

19
8:13

27
0:56

5 OBS

Junto con la Luna nueva, que tendrá lugar a las 8:37, en este día se podrá apreciar, luego de la puesta del Sol, al fin del crepúsculo astronómico, a eso de las 20, al planeta Venus, el famoso *lucero*, muy próximo a la estrella Spica, alfa de la constelación de Virgo, la virgen. Poco más arriba, sobre el horizonte oeste, estará también el planeta Saturno. Como es habitual, las noches oscuras próximas a la Luna nueva son la gran oportunidad para apreciar objetos difusos. Por ejemplo, el gigantesco cúmulo globular Omega Centauri estará visible tomando la dirección señalada por las estrellas alfa y beta de la cruz del sur y prolongándolas para el lado de beta unas tres veces esa longitud. Aparecerá como una mancha borrosa que se resolverá en estrellas al apuntarlo con un telescopio a partir de 6cm de apertura. Más hacia el cenit aparecerán otros dos bellos cúmulos globulares: NGC 6752, en Pavo, y 6397, en Ara. El primero es el tercer cúmulo globular más brillante del cielo luego de 47 Tucanae y Omega Centauri, mientras que el segundo es uno de los dos más próximos a la Tierra (el otro es Messier 4).



El cúmulo globular Omega Centauri (compuesto por unos diez millones de estrellas) se ve en todo su esplendor en esta imagen capturada con la cámara WFI del Observatorio La Silla de ESO (Chile). La imagen muestra sólo la parte central del cúmulo, del mismo tamaño aparente de la Luna llena (medio grado). El norte está arriba y el este, a la izquierda. Esta imagen en color es una composición de imágenes en los filtros B, V e I. Téngase en cuenta que debido a que WFI está equipada con un detector en mosaico, hay dos pequeños huecos en la imagen que se rellenaron con datos de menor calidad del rastreo digital del cielo DSS. Imagen ESO, Wikimedia Commons.

8 OCL NOT

La Luna ocultará al planeta Venus a las 18:50 (para la ciudad de Buenos Aires) ingresando por la parte oscura de la Luna (por el noreste) y egresando, por la parte iluminada (noroeste), a las 19:53. Esta ocultación será la más espectacular de la segunda parte del año ya que no será necesario utilizar ningún instrumental ni filtros para observarla. Como marco completo para esta ocultación no faltarán también Mercurio, que estará visible más próximo al horizonte, y Saturno, que estará un poco más alto. Cuando las luces del crepúsculo se apaguen aparecerá muy cerca de Venus y la Luna la estrella Spica.

18 NOT

A las 17 se producirá la máxima aproximación entre Venus y Saturno que será de 3,5 grados. Pero la notaremos durante el crepúsculo vespertino, cuando el brillo de ambos planetas permita que se vean a simple vista. En ese momento estarán, desde el horizonte oeste, Mercurio, Spica, Venus y Saturno casi a la misma altura.

19

Luna llena. Como en cada Luna llena, ella estará opuesta al Sol vista desde la Tierra, y totalmente iluminada. Esta fase ocurre a las 08:13 y esta particular Luna llena es conocida por las antiguas tribus de la porción norte del continente americano como la 'Luna llena de maíz', porque en esa parte del año se cosechaba el maíz, próximos al equinoccio de septiembre.

22 EFE

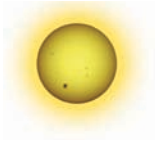
A las 17h44m51s se producirá el equinoccio de primavera para nuestro hemisferio. El equinoccio se produce cuando el Sol, en su trayectoria aparente en el cielo, llamada eclíptica, cruza el ecuador celeste que es la proyección del plano ecuatorial de la Tierra en el cielo, en este caso, de norte a sur.

27

Para el cuarto menguante, que se producirá a las 0:56 con la Luna en la constelación de Gemini, ocurrirá una bella alineación trapezoidal entre la estrella roja de la constelación de Orion, Betelgeuze, el planeta Júpiter, la estrella más brillante del cielo, Sirius y la Luna, siendo visible así, desde las 4 de la mañana, mirando hacia el noreste.

OCTUBRE

DJ 2456566 (SEPTIEMBRE 30 9:00 HORA LOCAL)



Salida	Mediodía solar	Puesta
(1) 6:30	(1) 12:43	(1) 18:57
(15) 6:11	(15) 12:40	(15) 19:08

4
21:35

11
20:03

18
20:38

26
20:41

3 EFE El planeta Urano en oposición al Sol, a las 10 horas. El planeta de disco verdoso estará opuesto al Sol, en su momento más favorable para ser observado, siendo también el momento de mayor proximidad a la Tierra, en el año. Alcanzará un brillo de magnitud 5,7 pudiendo observárselo en la constelación de Pisces (los peces) a simple vista, en un cielo oscuro. Al telescopio se lo aprecia como un punto verdoso con un pequeñísimo disco, en los telescopios de mayor diámetro.

4 OBS La Luna nueva de octubre, que se producirá a las 21:35, traerá, como siempre, la oportunidad de disfrutar de la zona más brillante de la Vía Láctea boreal. La constelación de Cynus (el cisne), la llamada *cruz del norte*, que encierra muchos objetos telescópicos muy bellos, como las nebulosas de Norteamérica (NGC 7000), el Velo de Encaje (NGC 6960) y la Campana Silente (Messier 27) en Vulpecula (la zorra), el cúmulo globular Messier 56, en Lyra, además de la famosísima nebulosa planetaria, la Anular de Lyra, Messier 57.

6 NOT MAP Entre el 6 y el 8 de octubre disfrutaremos de un espectáculo danzante entre Mercurio, Saturno, Venus, Antares y la Luna, a eso de las 20 horas. Mercurio y Venus irán ascendiendo rápidamente durante esos tres días, mientras que Antares y Saturno irán descendiendo, más lentamente, hacia el horizonte oeste. La Luna irá subiendo más rápido que todos los otros. La primera noche la Luna estará entre Saturno y Mercurio, un poco debajo de ellos. A la noche siguiente, estará justo entre la pareja Mercurio-Saturno y Venus. Y la tercera noche se ubicará a la derecha de Venus, haciendo un triángulo equilátero con Venus y Antares.

9 EFE El planeta Mercurio en su máxima elongación este. Visible al anochecer, este pequeño y esquivo planeta será bien visible con una separación del Sol mayor a 25 grados (exactamente serán 25,34° a las 7). Al mismo tiempo, se lo podrá apreciar próximo a Saturno, mirando al oeste. Más arriba, Venus se estará metiendo entre las pinzas del escorpión (Scorpius).

10 MET Octubre es un mes con varias lluvias de meteoros, la mayoría visibles mejor en el hemisferio norte. Entre ellas, las Táuridas del Sur (activas entre el 10 de septiembre y el 20 de noviembre) son las que presentan su radiante más próxima al ecuador, centrada en la coordenadas celestes AR = 32° y dec = 9°. A pesar de tratarse de una lluvia con una tasa horaria cenital de solo cinco meteoros, este año la Luna no interferirá mucho pues pasará por su fase cuarto creciente al día siguiente del máximo de la lluvia, el 11 de octubre a las 20:03.

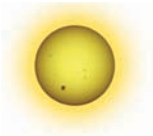
Aspecto de la conjunción entre Mercurio, Saturno, Venus, Antares y la Luna, al atardecer del 7 de octubre, mirando hacia el noroeste. La imagen fue realizada por el autor con el programa gratuito de código abierto Stellarium para las coordenadas de Buenos Aires, a la hora 20.

16 NOT Venus estará en conjunción con la estrella Antares, alfa de la constelación de Scorpius, el escorpión. Se aproximarán a menos de 1,5 grados. Esto ocurrirá alrededor de las 21 horas, pero a las 20, con algo de luces del crepúsculo, se podrá ver a Saturno, muy cerca del horizonte oeste, un poco más arriba y a la izquierda, a Mercurio y, más arriba, a la constelación del escorpión con la conjunción entre Venus y Antares muy cerca, una de otra. Sin duda, un bello espectáculo.

18 ECL A las 20h51m, se producirá un eclipse penumbral de Luna. De magnitud = 0,75, será visible desde la Argentina, pero se trata de un eclipse muy pobre, pues apenas se notará un leve oscurecimiento en el borde de nuestro satélite. Como es lógico, en ese mismo día tendrá lugar la Luna llena, a las 20:38.

OCTUBRE

DJ 2456566 (SEPTIEMBRE 30 9:00 HORA LOCAL)



Salida	Mediodía solar	Puesta
(1) 6:30	(1) 12:43	(1) 18:57
(15) 6:11	(15) 12:40	(15) 19:08

4 21:35

11 20:03

18 20:38

26 20:41

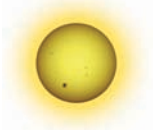
Esta será la Luna llena más pequeña del año, ya que se produce próxima al apogeo lunar, o sea, el momento en que la Luna, en su órbita, se encuentra más distante de la Tierra.

21 MET La lluvia de meteoros Oriónidas, que están activas entre el 2 de octubre y el 7 de noviembre, tendrán su máximo el día 21. Su radiante se centra en la coordenadas celestes AR = 95º y dec =16º y su tasa horaria ronda los veinte meteoros. La Luna interferirá mucho con esta lluvia, ya que recién el día 26 pasará por su cuarto menguante, a las 20:41, de modo que no esperemos poder disfrutar de una buena lluvia, Recomendamos observar hacia el este, a partir de la medianoche. Esta lluvia está asociada a los restos que va dejando, a su paso, el cometa 1P/Halley.

24 HIS El 24 de octubre se celebra el día nacional de la astronomía en la Argentina. El 24 de octubre de 1871 el entonces presidente de la Nación, Domingo F Sarmiento, inauguró en Córdoba el Observatorio Nacional Argentino, con el objetivo de que el país participase del progreso y desarrollo de las ciencias naturales, permitiendo al pueblo argentino tener un contacto directo con la ciencia astronómica. Su primer director fue el astrónomo estadounidense Benjamin A Gould, con quien Sarmiento había mantenido conversaciones en los Estados Unidos, en años anteriores. La Asociación Argentina de Astronomía, entidad que reúne a los astrónomos profesionales del país, hace algunos años, resolvió fijar la fecha del 24 de octubre como día nacional de la astronomía argentina, rindiendo homenaje, de esta forma, a los visionarios que crearon la primera institución astronómica de la Argentina.

NOVIEMBRE

DJ 2456597 (OCTUBRE 31 9:00 HORA LOCAL)



Salida	Mediodía solar	Puesta
(1) 5:52	(1) 12:37	(1) 19:23
(15) 5:40	(15) 12:38	(15) 19:37

3 9:51

10 2:58

17 12:17

25 16:29

1 EFE Los planetas interiores tendrán situaciones bien opuestas en este día. Mientras a las 6 de la mañana Venus pasará por su máxima elongación este (47,07º), a las 17 Mercurio estará en conjunción superior con el Sol. Lo primero significa que pasa por el momento de mejor visibilidad, ya que representa una gran separación angular con el Sol y se manifiesta en que será visible desde pocos minutos después de la puesta del Sol, que ocurre a las 19:23, hasta su propio ocaso que tendrá lugar a las 23:19. En el caso de Mercurio, la conjunción superior con el Sol significa que se encontrará alineado con él, aunque más allá de él.

3 OBS La Luna nueva de noviembre tendrá lugar a las 9:51. Durante esa noche oscura será bueno contemplar las Nubes de Magallanes. Al apuntar un binocular hacia ellas, ya se percibe la riqueza de objetos. La Nube Mayor, ubicada parte en la constelación de Doradus (el pez dorado) y parte en la de Mensa (la montaña de la Mesa) es una galaxia muy próxima a la Vía Láctea, nuestra propia galaxia, que alberga, en su seno, una enorme zona de nacimientos estelares, la Nebulosa Tarántula. Esa bellísima nube de gas y polvo cósmico, cuyo número NGC es 2070, tiene una forma que recuerda al arácnido y varias concentraciones de cúmulos estelares, además de la sorprendente estrella S Doradus, prototipo de las variables azules luminosas. Se trata de una estrella muy masiva y brillante, de las llamadas hipergigantes, con un radio mucho mayor que 100 veces el del Sol y una masa que debe superar las 60 masas solares. Ya la Nube Menor, otra galaxia un poco más distante, ubicada en las constelaciones de Tucana (el tucán) e Hydrus (la hidra macho), es más concentrada, aunque levemente menos brillante. También alberga una cantidad de cúmulos estelares fácilmente accesibles a binoculares o pequeños telescopios.

3 A las 9h48m se producirá un eclipse anular total de Sol, que no será visible desde la Argentina.

6 EFE El planeta Saturno estará en conjunción con el Sol a las 9 horas. Saturno se ubicará detrás del Sol, por lo que no será visible por un lapso de algunos días, debido a la proximidad del brillo de nuestro astro central.

10 El cuarto creciente de noviembre, que tendrá lugar a las 2:58, se producirá con la Luna en la constelación de Capricornus, el macho caprino.

EL COMETA C/2012 S1 (ISON)

A partir del fin de octubre se espera un cometa que, desde su descubrimiento, había suscitado gran expectativa al punto de haberlo apodado 'el cometa del siglo' pues parecía que iba a ser tan brillante como la Luna llena. Sin embargo, las estimaciones más recientes (mayo de 2013) hacen pensar que puede ser un espectáculo hermoso, similar al que nos brindó el cometa McNaught, en 2007, que llegó a ser bastante brillante, pero que no alcanzó a verse en pleno día, como sí lo hace la Luna.

Antes de ocuparnos de los detalles del descubrimiento de este cometa, convendría aclarar un poco qué y cómo son los cometas. Estos objetos celestes, en general, pertenecen al Sistema Solar. Se trata de cuerpos rocosos de pequeño diámetro que orbitan alrededor del Sol en órbitas de gran excentricidad. En su composición, poseen un alto contenido de gases y líquidos congelados que, generalmente, se derriten o se subliman al aproximarse al Sol, en el perihelio de su órbita. La mayoría proviene de una estructura que envuelve al Sistema Solar que componen el Sol, los planetas y los cinturones de asteroides y planetas enanos, que se denomina *Nube de Oort*. Estos cuerpos poseen atmósfera propia envolviendo al núcleo sólido (a la que se denomina *cabellera* o *coma*) y, cuando se aproximan al perihelio, desarrollan una cola que los hace tan hermosos y notables respecto del resto de los cuerpos del orbe celeste. Esa cola (que a veces es múltiple) se produce por dos mecanismos distintos. Uno se debe a que la radiación solar ioniza el gas, liberado por el cometa, al aumentar su temperatura, cuando se aproxima al Sol. Este gas brilla y es empujado por la presión de la radiación solar. El otro es el efecto del viento solar (plasma expulsado por el Sol), que empuja las partículas liberadas por la sublimación del hielo que las tenía presas, y estas reflejan la luz emitida por el propio cometa y la solar. Por eso las colas siempre están opuestas al Sol.

El cometa ISON (C/2012 S1 según la denominación oficial) fue descubierto por Vitali Nevski (Vitebsk, Bielorrusia) y Artyom Novichonok (Kondopoga, Rusia) quienes reportaron un cometa con una coma difusa de 8 segundos de arco en cuatro exposiciones de 100 segundos obtenidas el 21 de septiembre de 2012 con un telescopio reflector de 40cm de apertura y relación focal f/3, perteneciente a la Red Óptica Científica Internacional (ISON, por su sigla en inglés), localizado cerca de Kislovodsk, Rusia.

En su primer reporte del objeto al Centro de Planetas Menores (MPC), Nevski y Novichonok no hicieron mención de la apariencia cometaria, y entonces fue publicado, en la página web NEOCP del MPC, como un objeto aparentemente asteroidal (el informe sobre la apariencia cometaria llegó casi un día después de la publicación en NEOCP a la Oficina Central de Telegramas Astronómicos), lo que dio lugar a que el cometa fuera nombrado 'ISON' por la Oficina Central, de acuerdo con las directrices para la denominación de cometas de la Unión Astronómica Internacional (UAI).

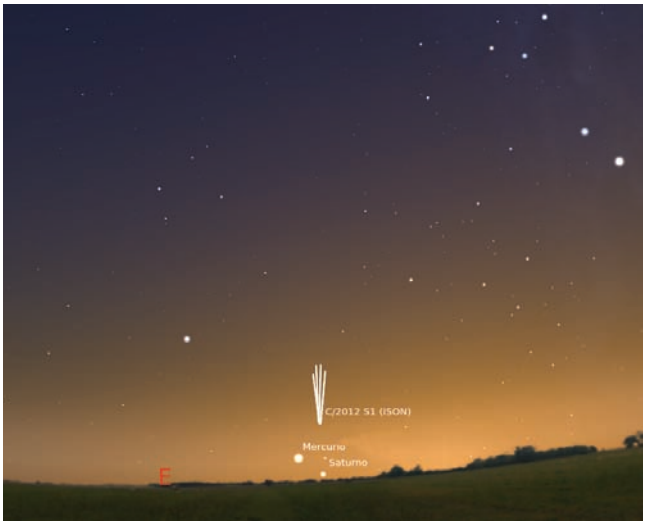
Las observaciones de confirmación obtenidas con un telescopio reflector de 1,5m de apertura y relación focal f/8, en el observatorio Majdanak, en Uzbekistán, por O Burhonov (medidas por Novichonok y Nevski) hacia el final del mismo 21 de septiembre, mostraron un alargamiento evidente, con una coma de 9" x 11" de tamaño y unas magnitud integrada de alrededor de 17,1.

Las predicciones de brillo se hacen basadas en la forma y el desarrollo de la órbita, la composición química del cometa y su brillo intrínseco, principalmente cuando se lo descubre a gran distancia del Sol, como en este caso. Sin embargo, esas predicciones son muy inexactas y van cambiando en la medida en que los meses transcurren y nos aproximamos al momento de mejor visibilidad.

Justamente, este cometa ISON pasará por su perihelio el 28 de noviembre de 2013, momento en que adquirirá mayor brillo pero, también, cuando estará más cercano visualmente al Sol, lo que dificultará apreciarlo con todo su brillo. Para verlo mejor, se contará con los días previos al perihelio, que se prevé que será observable, a simple vista, a partir del 18 de noviembre. Si esto se confirma, se lo podrá ver a partir de las 5 de la mañana, mirando al este.

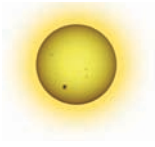
En días sucesivos, aumentará fuertemente su brillo hasta pasar muy próximo al Sol, los días 27, 28 y 29 de noviembre. Lo que casi seguro ocurrirá es que desarrolle una gran cola, como lo hizo el McNaught, y quizá se la vea cruzando gran parte del cielo. Después del perihelio lo perderemos en el hemisferio sur, pero si su cola es muy extensa, se asomará sobre el horizonte antes del amanecer, aunque la coma esté por debajo de él.

Esperemos que este cometa no nos defraude y nos brinde un gran espectáculo.



Aspecto del cielo con un icono del cometa ISON junto a Mercurio y Saturno, el amanecer del 23 de noviembre, mirando hacia el este. La imagen fue realizada por el autor con el programa gratuito de código abierto Stellarium para las coordenadas de Buenos Aires, a la hora 5.

DJ 2456597 (OCTUBRE 31 9:00 HORA LOCAL)



Salida	Mediodía solar	Puesta
(1) 5:52	(1) 12:37	(1) 19:23
(15) 5:40	(15) 12:38	(15) 19:37

3 9:51

10 2:58

17 12:17

25 16:29

17 El planeta Mercurio en su máxima elongación oeste. El más pequeño de los planetas del Sistema Solar será visible antes de la salida del Sol, al fin de la noche, con una separación del Sol de casi 20 grados (exactamente serán 19,47 grados a las 23).

17 A las 12:17 se producirá la Luna llena de noviembre, estando en la constelación de Taurus, el toro.

18 MET La lluvia de meteoros Leónidas, que está activa entre el 6 y el 30 de noviembre, tendrá su máximo el 18 de noviembre. Esta lluvia está asociada a los restos que va dejando a su paso el cometa Tempel-Tuttle, por lo cual presenta una interesante tasa horaria cenital de 20 meteoros. Su radiante se centra en AR = 152° y dec = 22°. La lluvia coincide con la Luna llena, por lo que el momento para la observación será completamente desfavorable.

25 OBS El cuarto menguante que ocurrirá a las 16:29 será una buena oportunidad para intentar un lindo desafío, que es ver a la gran galaxia de Andrómeda, Messier 31 y la espiral de Triangulum, Messier 33. En nuestro hemisferio es difícil observarlas a simple vista, por lo que se sugiere un buen binocular para M31 y un pequeño telescopio para M33.

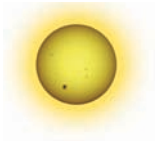
26 HIS Se cumple el quincuagésimo aniversario del lanzamiento del satélite de la NASA Explorer 18, una sonda diseñada para estudiar partículas energéticas, rayos cósmicos, campos magnéticos y plasma en el medio interplanetario y en la magnetosfera. La nave estuvo activa en órbita a la Tierra hasta el 30 de mayo de 1964.

28 NOT El cometa C/2012 S1 (ISON) pasará por su perihelio, menor distancia al Sol, que será a tan solo 0,012 unidades astronómicas, o sea, 1.800.000km.

La parte central de la nebulosa de la Tarántula. Esta ilustración es un mosaico de imágenes de gran campo obtenidas por la cámara planetaria WFPC2 del telescopio espacial Hubble de NASA/ESA y fue creada por el astrónomo aficionado Danny LaCrue. El Centro de Información Hubble de la Agencia Espacial European realizó un procesamiento adicional de las imágenes. Fuente NASA /ESA, ESO y Danny LaCrue, Wikimedia Commons.

DICIEMBRE

DJ 2456627 (NOVIEMBRE 30 9:00 HORA LOCAL)



Salida	Mediodía solar	Puesta
(1) 5:34	(1) 12:43	(1) 19:52
(16) 5:36	(16) 12:50	(16) 20:04

2 21:23

9 12:13

17 6:30

25 10:49

2 OBS

La Luna nueva se producirá a las 21:23 y esa noche nos dará oportunidad de disfrutar de la observación de la notable región de galaxias australes, en las constelaciones de Sculptor, Cetus, Phoenix, Fornax, Antlia y Eridanus, con mayor detalle y esplendor. Esa zona está bien poblada de un sinnúmero de galaxias difusas, espirales y elípticas. Para observarlas será necesario contar con un buen telescopio. El más indicado es un reflector de 15 a 30 cm de abertura y de corta relación focal. Se destaca, entre todas, la galaxia llamada Moneda de Plata, NGC 253, próxima al Polo sur galáctico, gran galaxia espiral en Sculptor. Otra galaxia espiral en Sculptor que también es muy notable es NGC 55. Pero también pueden verse otras bellas galaxias como la espiral barrada NGC 1365, la elíptica NGC 1316 (ambas en Fornax) o la espiral Messier 77 (en Cetus).

6 MET

La lluvia de meteoros Phoenícidas, que está activa entre el 28 de noviembre y el 9 de diciembre, tendrá su máximo el 6 de diciembre. Si bien no se trata de una lluvia muy activa, este año la Organización Internacional de Meteoros (IMO) sugiere vigilarla indicando que podría llegar a los 100 meteoros por hora. Máxime, la poca iluminación lunar por estos días. Su radiante se centra en AR= 18° y dec = -53°. Pueden presentarse meteoros de desarrollo bastante lento.

7 MET

Otra lluvia de meteoros austral, usualmente de poca actividad, son las Púppidas-Vélidas, que están activas entre el 1 y el 7 de diciembre. Su punto radiante se centra en AR = 123° y dec = -45°. Se trata de una lluvia compleja y poco estudiada, solo visible al sur del ecuador. Nuevamente la Luna no interferirá con esta lluvia cuyo máximo se produce el 7 de diciembre.

9

El cuarto creciente, que se producirá a las 12:13, tendrá lugar con la Luna en la constelación de Pisces, los peces, entre los planetas Urano y Neptuno.

11 BIO

En este día se cumple el 150 aniversario del nacimiento de la astrónoma estadounidense Annie Jump Cannon, una de las astrónomas del Observatorio de Harvard del equipo de Edward C Pickering, responsable por la clasificación de espectros estelares que tanto ha contribuido al desarrollo de la astrofísica estelar.

14 MET

Como en cada mes de diciembre, tendremos el máximo de la lluvia de meteoros Gemínidas, una de las que más notables y que casi nunca defraudan a los observadores. Esta lluvia está activa entre el 7 y el 17 de diciembre. Su radiante se centra en AR = 112° y dec = 33°, con una tasa cenital de 20 meteoros por hora, para quienes habitamos el hemisferio sur. Este año, la Luna complicará la observación ya que la Luna llena se produce el 17 de diciembre a las 6:30. Las Cuadrántidas y las Gemínidas tienen una característica en común y es la de no estar originadas por cometas. En particular, las Gemínidas provienen del asteroide 3200 Phaethon.

21 EFE

Este año, el solsticio de verano ocurrirá a las 14h12m20s del 21 de diciembre. El solsticio de verano se produce cuando el Sol alcanza la mayor altura posible sobre el horizonte norte al mediodía solar que, por cierto, no coincide con la hora civil de las 12 del mediodía, sino con el momento cuando el Sol cruza el meridiano del lugar, que se determina uniendo los puntos cardinales norte y sur. El nombre solsticio proviene del latín *solstitium* (*sol sistere* o sol quieto).

27

El cometa C/2012 S1 (ISON) pasará por su momento de menor distancia a la Tierra, que será a 0,429 unidades astronómicas, o sea, 64 millones de kilómetros. En esos momentos no será visible desde la Argentina.

29

El planeta Mercurio estará nuevamente en conjunción superior con el Sol a las 6 horas, no siendo visible por varios días.

Jaime García

Doctor en matemática aplicada,
Universidad Federal de Minas Gerais.
Profesor del Instituto de Enseñanza Superior
Dr Salvador Calafat, General Alvear, Mendoza.
Director del observatorio astronómico del Instituto
Copérnico, Rama Caída, Mendoza.
jgarcia@institutocopernico.org

Mariana Koppmann

Emulsiones

El arte de mezclar agua con aceite

Crédito: Wikimedia Commons

Llamamos *emulsión* a la asociación más o menos duradera de dos líquidos que no se mezclan, como agua y aceite. Así, una vinagreta compuesta solo de aceite y vinagre comenzará a separarse casi en el momento mismo de dejar de agitarla, y una mayonesa durará por lo menos varias horas, dependiendo de cómo la hayamos preparado. La primera es una emulsión inestable; la segunda, estable.

Que el aceite y el agua no se mezclan es algo bien conocido, que advertimos en forma cotidiana al condimentar una ensalada y que seguramente sabemos desde chicos. Ese hecho, incluso, dio lugar a un giro idiomático por el que se alude a situaciones incompatibles. ¿Por qué no se mezclan? Porque, en general, las moléculas solo se asocian o interrelacionan con otras químicamente similares. Moléculas polares, como las de agua, no pueden vincularse con otras no polares, como las de aceites o grasas.

Las moléculas polares tienen pequeñas diferencias internas de carga eléctrica llamadas *dipolos*, por las que una parte de ellas está cargada positivamente y otra negativamente. Interaccionan entre sí porque los dipolos de una atraen a los de la otra mediante los llamados *puentes de hidrógeno*. Tienen moléculas polares, además del agua, sustancias fácilmente solubles en esta, como sal o azúcar.

Las moléculas no polares, en cambio, carecen de dipolos internos y por eso no encuentran la forma de relacionarse con las polares. Si nos imaginamos las moléculas

¿DE QUÉ SE TRATA?

La ciencia en la cocina: un poco de química ayuda a entender los cambios que tienen lugar en los alimentos que cocinamos.

polares como imanes y las moléculas no polares como fichas de un juego de damas, y pensamos qué pasaría si los pusiéramos todos en una bolsa y los mezcláramos, concluiríamos que todos los imanes terminarían juntos, y que las fichas estarían separadas de ellos. Esto es exactamente lo que ocurre cuando mezclamos agua y aceite: si esperamos unos instantes, el aceite, menos denso, terminará flotando sobre el agua, pero no se asociará con ella.

Grasas y aceites pertenecen al mismo grupo químico, que integran ácidos grasos, monoglicéridos, diglicéridos, triglicéridos y colesterol. Hablamos de grasas para referirnos a aquellas sustancias de ese grupo que a temperatura ambiente son sólidas, y de aceites si son líquidas. Su particularidad, justamente, es que no se mezclan con el agua. Apuntemos, de paso, que el colesterol es una grasa de origen animal: los vegetales no tienen colesterol.

Preparar una emulsión, entonces, significa mezclar lo que no se mezcla y lograr que se mantenga así por lo menos hasta que lo utilicemos. En la práctica, se trata de conseguir que pequeñas gotas de uno de los líquidos queden dispersas en el otro durante el mayor tiempo posible. Las emulsiones se nombran indicando cuál líquido está disperso en cuál. De esta manera, como en la mayonesa las gotas de aceite están dispersas en el agua de la yema de huevo, se dice que es una emulsión de aceite en agua.

Para conseguir que gotas de aceite se mezclen con agua y no se separen de ella en cuanto dejemos de agitar el conjunto es posible tomar dos caminos: crear un medio con poca fluidez, en el cual el aceite no pueda moverse con facilidad ni juntarse sus moléculas, o agregar una sustancia cuyas moléculas tengan una parte polar y una no polar. Este último tipo de sustancias se llaman, justamente, *emulsionantes* y pueden ser fosfolípidos, polvos finos o proteínas. La yema de huevo que se usa como base para

Crédito: Wikimedia Commons

hacer mayonesa tiene lecitina, que es un fosfolípido: es la acción emulsionante de este la que permite producir una buena mayonesa si se aplica el procedimiento correcto.

Lo último es muy importante. Una típica receta indica que se debe mezclar una yema con gotas de jugo de limón a gusto y sal, y luego, mientras se bate enérgicamente, agregar aproximadamente 240ml de aceite en forma un chorro fino. En el huevo están el agua y la lecitina; la segunda rodea las gotas de aceite a medida que se lo va agregando. Cuanto más enérgicamente se bata, y más fino sea el hilo de aceite que se agrega, más gotitas se gene-

Crédito: sxc.hu

rarán para el mismo volumen de aceite. Y cuantas más gotitas de aceite haya, y más pequeñas sean, más viscosa quedará la mayonesa. Por esta razón, la viscosidad de las mayonesas caseras resulta muy variable, aunque hayan sido preparadas con exactamente las mismas cantidades de yema, limón y aceite: depende de la habilidad del cocinero para generar gotitas al batir.

Si se sigue agregando aceite, llega un momento en que la mayonesa se empieza a cortar, lo cual es el resultado de que no haya más agua para rodear a cada gota de aceite. La forma de recuperar la preparación es colocar un poco de agua en un pequeño tazón e ir agregando de a poco la mayonesa cortada para poder recuperar la emulsión que se rompió. Algunas recetas indican hacerlo con una nueva yema, pero en realidad lo único necesario de la yema es el agua, ya que habrá fosfolípido en exceso.

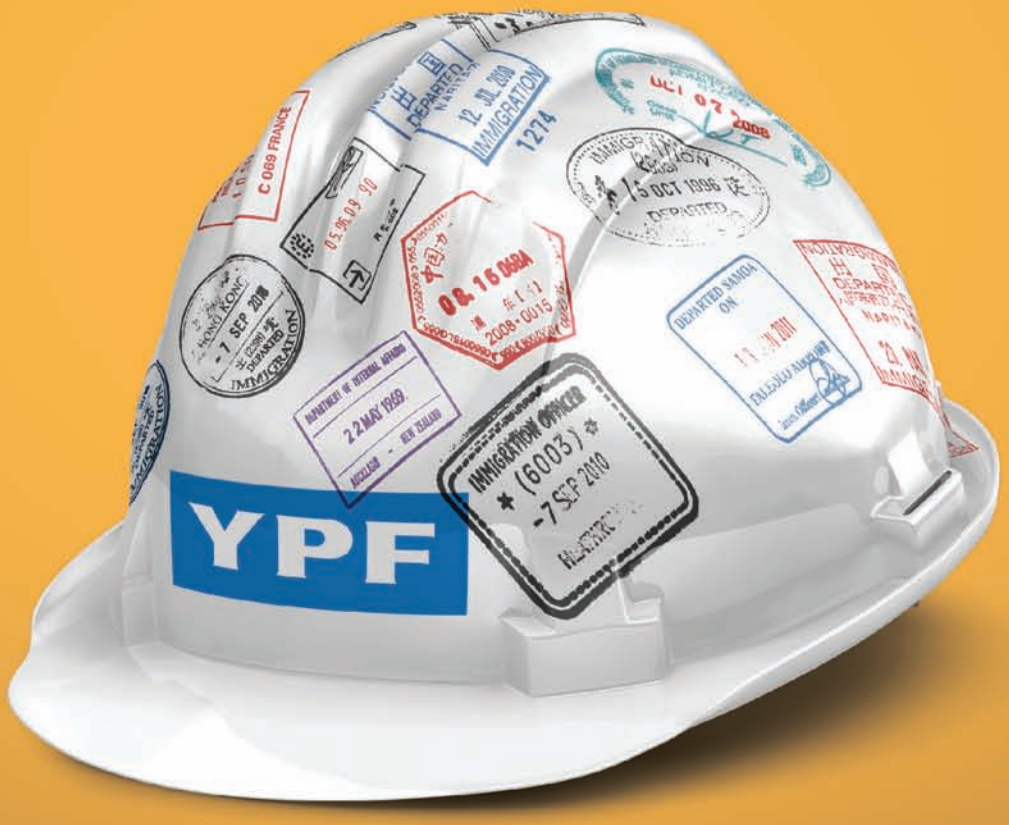
Hoy no es habitual hacer mayonesas caseras, entre otras razones, por el riesgo de su contaminación con la bacteria *Salmonella*. Con un termómetro, sin embargo, se puede eludir ese peligro, ya que es posible pasteurizar las yemas en forma casera. Para eso se mantiene un huevo durante 75 minutos en un baño de agua a 60°C. Con abundante agua y solo un huevo la temperatura seguramente variará poco durante ese lapso, pero hay que asegurarse de que así sea. Al final, la clara estará un poco blanquecina pero la yema se mantendrá cruda, aunque probablemente esté un poco más espesa, lo que ayudará a que la mayonesa sea más firme.

Dos buenos ejemplos de emulsión culinaria de grasa en proteínas son el montado de una salsa y la preparación de la salsa pil pil. *Montar* una salsa es realizar su apronte final, que se hace agregándole manteca fría mientras se la bate enérgicamente. La base de esas salsas suele ser el jugo de la cocción de carnes; el agregado de manteca muy fría mientras se bate sobre el fuego lo hace más espeso, porque se forma una emulsión. El secreto en este caso es que la manteca se vaya fundiendo lentamente —de ahí la necesidad de que está bien fría—, lo que produce un efecto semejante a adicionar el aceite en forma de hilo a la yema de huevo.

En el caso de la salsa pil pil, que se hace con el fondo de cocción de pescados gelatinosos como el bacalao, se vierte aceite de oliva en forma de hilo sobre la sartén que contiene ese fondo hasta lograr la textura deseada.

Todas las preparaciones que requieren formar una emulsión siempre han generado indicaciones mágicas, transmitidas oralmente de generación en generación, que pueden tener o carecer de fundamento. Conocer los principios químicos que rigen su realización permite determinar si detrás de esas recomendaciones tradicionales se esconde algo más que leyendas, o si solo se trata de estas. Y permite también tener más éxito con los platos en cuestión. CH

FONDOS PARA INVESTIGACIÓN Y BECAS



La Fundación YPF y el CONICET financian proyectos de investigación y otorgan becas doctorales y postdoctorales en temas de energías renovables, medio ambiente, ciencias básicas y sociales vinculadas con el petróleo y gas.

Mejores profesionales en energía, es más energía para el futuro.

Informate en **fundacionypf.org.ar**

CONICET

FUNDACIÓN YPF

Nicolás Bonadeo, Jefe del Departamento de Física Aplicada y Ensayos No Destructivos.

130 profesionales, 249.600 horas de investigación al año.

Desde el Centro de Investigación Industrial de Tenaris en Campana se mejoran los procesos en planta mientras se estudia e investiga el producto junto a usted. Para que pueda contar con la mejor respuesta de nuestros productos hasta en la más exigente de sus operaciones. Porque para que pueda llegar lejos, necesitamos estar más cerca.

Tecnología en el producto. Innovación en el servicio.

www.tenaris.com/argentina

Tenaris