CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 26 número 153 enero - febrero 2017
Ejemplar en la Argentina $ 80

Encuestas electorales

Conocer, influir, pronosticar

Compuestos aleloquímicos

Ozono en el aire

Paleoantropología

Antes de la heladera

00153
9 770327 121009

Si lo apasiona la **ciencia**
y el **descubrimiento**...
no puede dejar pasar
esta **oportunidad**

Suscríbase al **conocimiento**

CIENCIAHOY

Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5º A
(C1193AAA) Ciudad de Buenos Aires
Tel.: (011) 4961-1824 y Fax: (011) 4962-1330

Suscríbase por internet en el sitio
http://www.cienciahoy.org.ar/suscripcion/index.php
usando la opción PayU (solo Argentina)

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, 5° A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel.: (011) 4961-1824 y Fax: (011) 4962-1330
Correo electrónico: *contacto@cienciahoy.org.ar*
http://www.cienciahoy.org.ar

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

Editores responsables

Federico Coluccio Leskow
Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján. Conicet

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

Alejandro Curino
Instituto de Investigaciones Bioquímicas Bahía Blanca, UNS-Conicet

Cristina Damborenea
División Zoología Invertebrados, Museo de La Plata, FCNYM-UNLP. Conicet

Ingrid de Jong
Instituto de Ciencias Antropológicas, 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

Roy Hora
Universidad Nacional de Quilmes. Conicet

José X Martini
Asociación Ciencia Hoy

Paulina E Nabel
Asociación Ciencia Hoy

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

Roberto R Pujana
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

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

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 (FCEN, UBA), Stella Maris González Cappa (FMED, UBA), Francis Korn (Instituto y Universidad Di Tella), Juan A Legisa (Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética, UBA), Eduardo Míguez (IEHS, Unicen), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), Marcelo Montserrat (Academia Nacional de Ciencias), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP), Eduardo H Rapoport (Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue) y Fidel Schaposnik (Departamento de Física, FCE, UNLP)

Secretaría del comité editorial: Paula Blanco

Representante en Bariloche
Guillermo Abramson (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
Teléfonos: (5521) 2109-8999 y 2109-8973
Correo electrónico: *cienciahoje@cienciahoje.org.br*

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $520 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 40 + envío

Costo de envío
PAÍSES LIMÍTROFES DE LA ARGENTINA: US$ 38
RESTO DE AMÉRICA: US$ 58
RESTO DEL MUNDO: US$ 65
(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
N° de registro DNDA 5301597

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*

Corrección
Mónica Urrestarazu

Impresión
FP Compañía Impresora
Antonio Beruti 1560 (1604)
Florida Oeste, 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 –en uso de licencia–, Galo Soler Illia, Ana Belén Elgoyhen (vocales).

MECENAZGO CULTURAL
Buenos Aires Ciudad

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

Ciencia Hoy agradece el apoyo del Conicet y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Esta revista se produce merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe –ni ha recibido en toda su historia– remuneración económica. Fundada en 1988.

Sumario

Enero - febrero 2017
Volumen 26 - número 153

EDITORIAL

4 Investigación científica y Estado nacional

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

6 Volumen 3 - número 13
Mayo - junio 1991

8 GRAGEAS

ARTÍCULO

11 Paleopatología

Jorge Alejandro Suby, Leandro Hernán Luna, Claudia Marcela Aranda y Gustavo Ariel Flensborg

La paleopatología humana es la disciplina científica que estudia las enfermedades del pasado, incluido el pasado prehistórico, y la forma en que las sociedades se adaptaron a ellas. Lo hace analizando principalmente restos orgánicos encontrados en excavaciones arqueológicas. Aporta conocimientos sobre la distribución geográfica y los cambios evolutivos de esas enfermedades, muchas de las cuales son importantes en nuestros días.

ESPACIO INSTITUCIONAL

16 CONICET dialoga

ARTÍCULO

21 Conocer, influir, pronosticar
Los propósitos de las encuestas

Manuel Mora y Araujo

Los resultados de elecciones nacionales y de plebiscitos realizados en 2016 en muchos países no solo fueron contrarios a lo que los medios periodísticos y probablemente la mayoría de nuestros lectores supusieron sino, también, a lo que el grueso de los encuestadores profesionales pronosticaron. ¿Qué les sucedió a estos? ¿Se equivocaron? ¿O los instrumentos de que disponen no sirven para las funciones que les hacen cumplir?

ARTÍCULO

27 Ozono en el aire

María Alejandra Martínez-Ghersa, Analía I Menéndez y Pedro E Gundel

En las últimas décadas, la concentración de ozono en la porción inferior de la atmósfera fue aumentando notablemente en distintas regiones del mundo. En términos generales, el ozono puede ser beneficioso o perjudicial para la salud humana y el ambiente, según su cantidad y en qué parte de la atmósfera esté. Mientras que en las capas altas filtra los rayos ultravioletas del Sol y por ende protege la vida, en la capa más cercana al suelo puede dañar a los seres vivos, algo que ha sido ampliamente documentado. El artículo examina información reciente acerca de su efecto sobre los cultivos, en especial su relación con plagas y organismos benéficos.

ARTÍCULO

33 Compuestos aleoquímicos

Hugo Daniel Chludil

Los seres vivos generan sustancias químicas, producto de su metabolismo (llamadas por eso *metabolitos*), que les permiten establecerse y vivir en los ecosistemas. Los metabolitos se dividen en primarios y secundarios. Los primeros son indispensables para la vida; los segundos, sin serlo, influyen en el éxito y la permanencia de las especies, son generados en abundancia y constituyen recursos de gran utilidad para preservar la biodiversidad y el equilibrio de los agroecosistemas.

CIENCIA Y SOCIEDAD

41 Entrevista a Alejandro Ceccatto, presidente del Conicet

En una entrevista con miembros del comité editorial de Ciencia Hoy, el presidente del Conicet explica sus ideas acerca de las políticas que se propone aplicar como cabeza del organismo rector de la investigación científica en la Argentina, las que considera necesario adaptar a los desafíos planteados por el rápido crecimiento de la financiación estatal de esa actividad en los últimos diez años.

ARTÍCULO

45 Dátiles de mar

Mejillones que perforan las rocas costeras

María Bagur, Gabriela Palomo, Lorena Arribas y Jorge Gutiérrez

A diferencia de sus famosos homónimos producidos por palmeras, los dátiles de mar son animales. Se trata de unos moluscos bivalvos poco conocidos que miden unos pocos centímetros y se distinguen por su capacidad de horadar cavidades en rocas calizas de la zona intermareal. Viven en ellas protegidos de predadores, del embate de olas y de la desecación que los amenaza cuando se retiran las aguas. No perforan las rocas en forma mecánica sino química, pues secretan un ácido que disuelve el carbonato de calcio. Su acción hace que a menudo se los considere perjudiciales, aunque también contribuyen al incremento de la biodiversidad del ambiente costero. Una especie de ellos, llamada *Lithophaga patagonica*, es muy abundante en las costas argentinas.

CIENCIA Y SOCIEDAD

50 Biología y sociedad

Alberto Díaz

Un detallado informe de fines de la década de 1970 sobre la función histórica y prospectiva de la biología en la sociedad, escrito por tres eminencias a pedido del presidente de Francia, es altamente ilustrativo de los avances de las ciencias de la vida en los últimos cincuenta años y proporciona una excelente guía para analizar las actuales relaciones entre esas ciencias y el presente contexto socioeconómico.

ARTÍCULO

55 Cursos de marea

El sistema circulatorio de los humedales costeros

Gerardo ME Perillo y M Cintia Piccolo

Las aguas impulsadas por la marea creciente que inundan zonas costeras sin excesiva pendiente fluyen por surcos, cavas, cárcavas, arroyos y canales —genéricamente denominados *cursos de marea*— hasta que cubren toda el área, alcanzan el nivel de la pleamar, se revierte el proceso y llegan nuevamente al mar en la bajamar siguiendo el camino trazado por los mismos cursos.

CIENCIA Y SOCIEDAD

61 Antes de la heladera

Mariana Koppmann

Antes de aproximadamente 1850, no había posibilidad de tener hielo en casas y comercios, salvo que estuviesen cerca de glaciares. Después de esa fecha hubo fabricación industrial y venta minorista de hielo, pero no producción doméstica, que solo llegó en la década de 1920, con las primeras heladeras eléctricas hogareñas. Esto hace ver que durante siglos, e incluso milenios, la humanidad se las ingenió para conservar alimentos sin el recurso de ponerlos en la heladera.

Investigación científica y Estado nacional

A fines de 2016, los medios se hicieron eco de los reclamos y las protestas de grupos de investigadores y becarios por decisiones de organismos del gobierno nacional, en especial del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y del Conicet. En el centro de las protestas estaban las restricciones presupuestarias que afectaban la actividad de esos organismos, las cuales se veían como un freno a la apreciable expansión de la actividad científica registrada en la última década.

Las protestas más notorias se referían a haberse disminuido para 2017 el número de incorporaciones anuales a la carrera del investigador científico del Conicet y el número de plazas para becarios doctorales y posdoctorales. Pese a que el ministro del ramo no cambió desde la creación del ministerio en 2007, muchos entendieron que se había producido un giro indeseable en la política científica y tecnológica del Poder Ejecutivo con relación a la del gobierno anterior.

Estas circunstancias llevaron a una marcada polarización de la comunidad científica en torno a un conflicto que admite múltiples interpretaciones, las cuales no se analizan aquí. Esto se debe esencialmente a que Ciencia Hoy, como revista de divulgación, no es el órgano adecuado para los debates internos de esa comunidad, pero lo es, en cambio, para esclarecer al lector sobre las cuestiones conceptuales de la promoción de la ciencia que el conflicto puso en juego. A ellas se dedica este editorial, cuyo texto es el resultado del consenso entre sus editores, como es habitual.

El marco en que se dieron los hechos comentados es el fuerte crecimiento del apoyo a la investigación científica y tecnológica por parte del Estado nacional que tuvo lugar en los últimos lustros, y la consiguiente expansión del sistema institucionalizado de investigación. Entre 2004 y 2014, en efecto, la inversión pública en investigación y desarrollo creció del 0,25 al 0,45% del PBI, mientras el presupuesto del Estado Nacional asignado a la función ciencia y tecnología pasó del 0,19 al 0,35% del PBI. En ambos casos el ritmo de aumento tuvo altibajos: el presupuesto alcanzó un pico del 0,35% del PBI en 2009 y regresó a ese valor en 2016.

Las principales consecuencias de ese crecimiento en el Conicet fueron tratadas en el análisis que hizo el presidente del organismo, Alejandro Ceccatto, en una entrevista que concedió a los editores de Ciencia Hoy, que se puede leer en la página 41 de este número. Dicha entrevista tuvo lugar en diciembre último, en el momento cuando el conflicto estaba en un punto culminante, que luego la negociación entre las partes apaciguó. A mediados de febrero de este año, en oportunidad de ir el presente número a imprenta, la discusión había sido retomada y seguía abierta.

Si se procura mirar estos episodios con una perspectiva histórica amplia, creemos que conviene entenderlos como una crisis de crecimiento del sistema institucionalizado de investigación científica del país. Para no remontarnos demasiado lejos, podemos partir del hecho de que, a partir de la restauración del régimen constitucional en 1983, dicho sistema fue adquiriendo rasgos novedosos con relación a los que tenía desde que, conducido por Bernardo Houssay (1887-1971), tomó características modernas con la creación del actual Conicet en 1958.

A partir de 1958, el Conicet no solo fue el órgano crucial para promover la investigación científica en la Argentina sino, también, el pilar sobre el que se apoyó el fomento y la modernización de esa actividad en las universidades, una labor que en ambos aspectos comenzó a deteriorarse por razones de la política nacional poco menos de una década después y tuvo algunos de sus momentos más negros con ambas dictaduras militares.

Entre 1983 y el presente, luego de pasar por una etapa –conducida por Manuel Sadosky (1914-2005)– que logró restaurar los valores y procedimientos del Conicet de Houssay, se pusieron en práctica, no sin algunos tropiezos, diversas iniciativas que adaptaron el sistema a las necesidades de una sociedad más compleja, a un país más poblado, con un porcentaje creciente de sus habitantes con educación superior y en un mundo en el que la ciencia y la tecnología se iban convirtiendo cada vez más en la clave de la riqueza y el bienestar.

Entre las principales de esas iniciativas se cuentan la creación en 1993 de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, la instauración en 1996 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la sanción de algunos instrumentos legales, como la ley 24.521 de Educación Superior (1995), el decreto 1661/96 que dio forma actual a la misión, las funciones y el gobierno del Conicet, o la ley 25.922 de Promoción de la Industria del Software (2004), y el establecimiento en 2005 de la Fundación Argentina de Nanotecnología, que culminaron con la fundación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva a fines de 2007, acompañado a su vez por el citado incremento de los recursos asignados al sector por el gobierno nacional.

El resultado de estas reformas fue el fuerte crecimiento del sistema, comentado al comienzo, en el que se inscribe la presente crisis coyuntural, la cual, de acuerdo con la proverbial interpretación de las crisis, conviene ver ante todo

como la oportunidad de hacer un inventario y balance de la situación y de planear el rumbo futuro.

Como primer punto a enfatizar, creemos que no solo mantener en buen funcionamiento sino continuar incrementando vigorosamente la investigación científica y tecnológica en el país, incluso hasta duplicar o más la fracción del PBI que se destina a ella y llevarla a valores más cercanos a los de los países avanzados, es un objetivo que bien merece constituirse en una política de Estado que no cambie con la sucesión de gobiernos.

Lo anterior se fundamenta en dos razones igualmente importantes: (i) la producción de ciencia y la educación científica del público constituyen un atributo central de una sociedad libre y democrática moderna, y (ii) incrementar la capacidad científica y tecnológica del país es posiblemente el camino más promisorio para construir una economía diversificada en condiciones de competir con éxito en los mercados globales y, por esa vía, mejorar el bienestar y ampliar los horizontes vitales de sus habitantes.

Ambos fundamentos dan lugar a sendos tipos de investigación *igualmente importantes*, que en realidad no existen en compartimentos separados sino que se influyen mutuamente en forma positiva, como bien argumentaron los autores del informe que publicamos en la página 50. El primer tipo de investigación produce el conocimiento básico del mundo, o ciencia fundamental, que es necesario cultivar en todas las ramas del saber y que requiere desenvolverse en un ámbito de libertad académica. Sobre la importancia de la ciencia básica hay abundante literatura en el país y el extranjero, pero sin embargo alguna parte del público y de los dirigentes políticos tienden a considerarla un lujo más que una necesidad, quizá por ignorar que es el imprescindible fundamento de la ciencia orientada a las aplicaciones y a la tecnología, o tal vez por creer que bastaría con aprovechar la ciencia que se produce en los países adelantados.

El segundo tipo es la investigación tecnológica, para la que es posible que exista más apoyo por parte del público, aunque puede inspirar cierta desconfianza en sectores académicos. Este tipo de investigación es considerablemente más débil en la Argentina (tal vez con algunas excepciones), razón por la que merece especial atención en estos momentos (y hasta cierto punto la ha venido recibiendo en los últimos años), algo que el presidente del Conicet recalcó en la citada entrevista.

Conviene tener presente, sin embargo, que la división de la ciencia en básica y aplicada es esquemática, confunde las cosas y puede llevar a conclusiones falaces y a inútiles embanderamientos. No se puede crear una industria biotecnológica moderna sin conocimiento de frontera en biología molecular; ni producir alta tecnología informática sin amplio dominio de grandes capítulos de la matemática; ni regular la producción agropecuaria o pesquera sin una vigorosa investigación en disciplinas como la ecología, la edafología, la biología marina o la oceanografía; ni definir políticas públicas en prácticamente ninguna de las áreas gubernamentales sin un sólido respaldo de conocimiento en múltiples ramas de las humanidades y las ciencias sociales.

Las reflexiones anteriores dan pie para formular algunas ideas sobre el futuro. La primera es que perfeccionar un sistema complejo, que seguramente lo será más en los años venideros, no puede lograrse mediante soluciones basadas en razonamientos simplistas. Así, con razón se ha argumentado que referirse al Conicet como el único ámbito de la investigación científica en el país es plantear de manera incompleta las cosas. En ese sentido, es necesario rever y fortalecer entidades como el INTA, el INTI y la CNEA, entre otras, además de considerar los mejores caminos para apoyar a las humanidades y a las ciencias sociales, y para fomentar la investigación en las universidades. La diversidad, aun a costa de superposiciones, es un valor a promover.

Las excepciones que mencionamos en materia de investigación tecnológica están, por lo menos, en el ámbito nuclear por la acción de la CNEA, y en el agropecuario, en el que se aprecia una vinculación razonablemente fluida entre el INTA, las universidades y el medio empresario, que aún se podría mejorar mucho pero serviría quizá de modelo para el urgente impulso, y quizá reformulación, que da toda la impresión de necesitar el INTI.

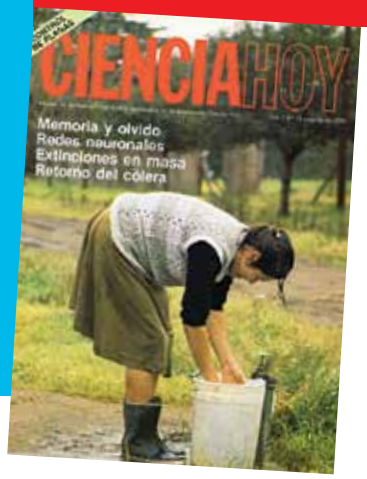
El crecimiento del sistema científico y su mayor complejidad vinieron de la mano del aumento de las tareas y de los gastos de administración y gestión que ha comenzado a notarse, así como de los controles de tipo burocrático a que quedan sujetos los investigadores. Esto atenta contra el objetivo de aplicar los fondos de la manera más productiva posible, es decir, destinándolos a atender las necesidades de los investigadores y becarios, y restringiendo al mínimo el gasto improductivo. Muchas veces los controles excesivos y sistemáticos ocasionan trastornos mayores que las irregularidades que procuran evitar, y quitan tiempo e irritan al investigador.

Otro peligro que debe evitarse es el descenso de la calidad, tanto por incorporaciones masivas de investigadores sin la mejor formación como por la ampliación apresurada a disciplinas o campos del saber no consolidados. La solución no es restringir el crecimiento sino buscar fórmulas que posibiliten conservarlo y, *al mismo tiempo*, mantener e incrementar la calidad, aunque se necesiten algunos años para llegar a puerto pues la forma de hacerlo es que, por la educación que reciban, aumente el número de jóvenes interesados en hacer de la actividad científica su profesión.

Con el fin de facilitar lo anterior es aconsejable considerar si se aplican en todas las áreas los criterios y procedimientos más adecuados de evaluación, tanto para el ingreso como para la permanencia en las diversas carreras científicas: adaptar la índole de la evaluación a la disciplina pero no su rigor, medir calidad más que cantidad, evitar las trampas de apoyarse ante todo en la aplicación de indicadores numéricos y tener en cuenta que la antigüedad no es un criterio central.

El momento es oportuno para abrir un amplio debate sobre la situación actual de la política científica y tecnológica, sus necesidades y desafíos, y también para que las autoridades hagan públicas las grandes líneas de acción que se proponen llevar adelante en la materia. CH

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY



LA TOXINA COLÉRICA Y UN NUEVO MÉTODO PARA SU DETECCIÓN

FEDERICO A CUMAR - HUGO JF MACCIONI - CLARA MONFERRÁN - PABLO RODRÍGUEZ - JOSÉ L BARRA - JOSÉ L DANIOTTI

¿Cuál es, a nivel molecular, el causante del cólera? ¿Qué mecanismos altera en nuestro organismo? ¿Se conocen ya suficientemente estos aspectos como para crear nuevos métodos de diagnóstico o incluso llegar a desarrollar una vacuna? ¿Influye el grupo sanguíneo en la susceptibilidad de los individuos a contraer la enfermedad? Las respuestas las provee desde Córdoba un grupo de investigadores que recientemente anunció importantes novedades en la materia.

Foto Wikimedia Commons

EL CÓLERA EN EL RÍO DE LA PLATA

GUILLERMO BOIDO - FERNANDO MAÑE GARZÓN

El cólera tiene historia en el Río de la Plata. Los sucesivos brotes epidémicos que aparecieron a lo largo del siglo XIX en ambas márgenes promovieron el desarrollo de instituciones y la actividad de especialistas destinados a paliar los efectos de esta enfermedad. Nombres como los de Carlos G Malbrán y José M Penna en la Argentina o Teodoro M Vilardebó y Enrique M Estrázulas en Uruguay son prueba de ello.

Foto *Flickr.com/leobass*

EL RETORNO DEL CÓLERA

CIENCIA HOY

La carencia de agua potable y de redes cloacales, manifestaciones típicas de la marginalidad, genera en Latinoamérica condiciones para el resurgimiento del cólera. Esta enfermedad, en sus distintos aspectos, es motivo de análisis en las secciones siguientes.

LA BOMBA DE AGUA EN BROAD STREET

PATRICIO J GARRAHAN

Los comienzos de la epidemiología científica se vinculan con las observaciones que, durante las epidemias de cólera que afectaron a Londres en 1849 y 1854, realizara el médico inglés John Snow. Este demostró que la transmisión del mal era debida a la contaminación del agua por las heces de los enfermos.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

REDES NEURONALES

En los últimos años, investigadores pertenecientes a diversas áreas de la ciencia se han interesado por estudiar –y emular de manera artificial– el sistema nervioso a la luz de su peculiar configuración reticular, característica que permitiría explicar algunas de sus complejas funciones. Surgió así el concepto de 'red neuronal', que ya ha dado lugar a originales enfoques teóricos y a relevantes aplicaciones tecnológicas.

LA MEMORIA

IVÁN IZQUIERDO

La capacidad que posee el sistema nervioso para generar y conservar memorias se debería a su organización en forma de red. La complejidad de esta red permitiría explicar hechos como la supervivencia de memorias en personas que han sufrido lesiones cerebrales muy importantes, pues el procesamiento de cada tipo de memoria ocurre, no en una, sino en muchas regiones cerebrales.

Foto Wikimedia Commons

LA TÉCNICA DEL INSECTO ESTÉRIL

MIGUEL C ZAPATER

En busca de alternativas no contaminantes para el control de plagas se ha desarrollado la técnica llamada 'del insecto estéril', que ha resultado eficaz, en particular, para combatir a la mosca del Mediterráneo. El procedimiento es del mayor interés para mejorar la calidad de la producción frutihortícola de países como la Argentina.

Foto José Luis Rodríguez

EXTINCIONES EN MASA

OSVALDO A REIG

Uno de los fenómenos más asombrosos que registra la historia de la vida en la Tierra es la extinción abrupta y simultánea de grupos enteros de organismos en un corto intervalo de tiempo geológico. Cuáles serían las causas de estas extinciones en masa es tema de estudio que ha dado lugar a un interesante debate entre los científicos.

REDES ARTIFICIALES

ROBERTO PERAZZO

La formulación de modelos que procuran emular el comportamiento del sistema nervioso despierta en la actualidad gran interés y se encara desde una óptica interdisciplinaria. Se trata de un ámbito de estudio que puede colaborar, incluso, en un mejor conocimiento del propio comportamiento cerebral.

EL SUTIL ENIGMÁTICO NEUTRINO

JORGE E TESTONI

Como respuesta a un interrogante de la época, Wolfgang Pauli postuló, en 1931, la existencia de una partícula a la que se llamó neutrino. El hecho de que su hipótesis solo pudiera ser confirmada veinticinco años después es prueba de las dificultades que se deben enfrentar para 'atrapar' esta enigmática partícula. Nuevos enigmas, entre ellos los planteados por los neutrinos provenientes del Sol, intentan ser dilucidados en diversos laboratorios de todo el mundo.

Cazadores pampeanos de hace 14.000 años

En septiembre de 2016 la publicación electrónica de libre acceso *Plos One* sacó un artículo que resume recientes resultados de investigaciones arqueológicas realizadas en el sitio Arroyo Seco 2, en el partido bonaerense de Tres Arroyos. Los estudios del sitio llevan ya tres décadas y algunos de los hallazgos iniciales fueron tema de un artículo de Ciencia Hoy que adquirió carácter de clásico (Gustavo Politis, '¿Quién mató al megaterio?', 1, 2: 26-36, febrero-marzo de 1989).

Esos resultados indicaban que los primeros seres humanos de la región pampeana habían coexistido con los perezosos gigantes o megaterios (*Megatherium americanum*) y con los caballos americanos (*Equus neogeus*) hace unos 8500 años atrás, y que habrían cazado ambas especies. El artículo de *Plos One* retoma esa discusión a partir de datos recientes, producto de nuevas excavaciones y análisis, de una reinterpretación de la geología del sitio y de mediciones radiocarbónicas efectuadas en la Universidad de California (Irvine) y en la Universidad de Arizona (Tucson) mediante un acelerador espectrómetro de masas (*accelerator mass spectrometer* o AMS).

El sitio en cuestión se encuentra al lado de una pequeña laguna, en una lomada de sedimentos eólicos o *loess* que fueron cubriendo los restos de las diferentes ocupaciones indígenas acaecidas entre finales del Pleistoceno (hace 14.000 años) y el Holoceno tardío (desde aproximadamente 3500 años a la actualidad). Se ha excavado un área de algo más de 300m^2 con una secuencia estratigráfica de unos 2m de profundidad.

La retícula dibujada sobre el sitio Arroyo Seco 2 muestra unidades de excavación de unos 4m^2 cada una.

El sitio presenta tres características excepcionales. La primera es que la ocupación humana se extiende desde hace 14.000 años hasta el siglo XIX. Salvo los restos de una pulpería de tiempos históricos, los sucesivos estratos reflejan las diversas ocupaciones indígenas que se sucedieron en el lugar de manera discontinua y proporcionan un excelente registro de los cambios culturales de los pobladores pampeanos a lo largo del tiempo. La segunda característica es que contiene abundantes restos de fauna, artefactos de piedra y, en los niveles superiores, de cerámica. El tercer rasgo excepcional es que el sitio fue usado como lugar de entierros humanos entre aproximadamente 8500 y 5000 años atrás. Se han registrado hasta el momento más de cincuenta esqueletos humanos en entierros simples y múltiples, y en algunos casos con un rico ajuar funerario.

Las investigaciones permiten sostener que el guanaco en primer lugar y el venado de las pampas en segundo fueron la presas predilectas de los indígenas, y probablemente la base de su subsistencia. Los restos de ambas especies aparecen en abundancia en los niveles medios y superiores del sitio, asociados con artefactos de cuarcita y ftanita, dos de las rocas preferidas para confeccionar herramientas. Se hallaron en esos niveles puntas triangulares de proyectil, las cuales, junto con boleadoras, fueron las principales armas de caza. La instalación y el abandono a lo largo del tiempo de varios campamentos indígenas hace ver que el sitio fue parte de un circuito de nomadismo que incluía las sierras de Tandilia y la costa atlántica.

Una de las novedades más importantes de las investigaciones recientes es haber establecido, por las mencionadas dataciones radiocarbónicas, que el sitio es mucho más antiguo que aquello que se pensaba en 1989 y se informó en Ciencia Hoy. Los nuevos análisis han demostrado que los primeros pobladores cazaron (o carroñearon) megaterios y el caballos americanos a orillas de la laguna y que transportaron algunas partes hacia la lomada, donde probablemente instalaron un campamento transitorio para despostar y consumir esas presas. Se han datado restos de ambas especies en 12.170 *años radiocarbónicos* antes del presente, lo cual no equivale exactamente a años del calendario. Hecha la conversión, se llega a que datan de hace aproximadamente 14.000 años.

Entre los nuevos hallazgos presentados se destaca un hueso de caballo americano (*Equus neogeus*), datado hace 14.000 años, con claras marcas que sugieren que fue apoyado sobre una roca que sirvió de yunque y fue partido longitudinalmente con otra roca. Ese grupo de rastros y su asociación con artefactos de cuarcita son indicios claros de la primera presencia humana en el lugar.

Los niveles más antiguos de Arroyo Seco 2 se vinculan con las fases iniciales del poblamiento de América y muestran que los primeros habitantes del Cono Sur efectivamente cazaban los mamíferos pleistocénicos, incluso aquellos de gran porte como los megaterios, que podrían haber pesado 4 toneladas. El artículo de *Plos One* presenta nuevos datos sobre la expansión de *Homo sapiens* en el sur de Sudamérica, la última porción continental del planeta que ocupó la humanidad, los cuales apoyan la hipótesis de que se inició entre los 17.000 y 15.000 años atrás, es decir, antes de la expansión de la cultura Clovis en Norteamérica, que acaeció entre 13.000 y 12.000 atrás, pero después de comenzar el retroceso de Último Máximo Glacial, que tuvo lugar hace unos 18.000 años. CH

Más información en Politis G, Gutiérrez MA, Rafuse DJ y Blasi A, 'The arrival of *Homo sapiens* into the Southern Cone at 14,000 years ago', *Plos One*, 11, 9: e0162870. doi:*10.1371/journal.pone.0162870.*

Ingrid de Jong
ildejong@hotmail.com

Errata. *En la reseña de los premios Nobel aparecida en el número anterior se dieron erróneamente como años de nacimiento de Bengt Holmsrtöm y Oliver Hart, laureados en economía, 1978 y 1974 respectivamente. Las fechas correctas son 1949 y 1948, también respectivamente. Los editores agradecen al suscriptor Alfredo Morandini haberles hecho conocer la equivocación.*

Un tiburón que vive cuatro siglos

El pez llamado tiburón de Groenlandia (*Somniosus microcephalus*), uno de los más grandes escualos del mundo, es un gigante que mide unos 7m, pesa unos 1200kg y habita en las aguas heladas del Atlántico norte. No tiene tanta prensa como el gran tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*), de tamaño similar, pero registra, no obstante, un asombroso record: puede llegar a vivir cuatro siglos, bastante en exceso de la mucho más grande ballena boreal (*Balaena mysticetus*), que puebla las mismas aguas y alcanza los dos siglos. El tiburón de Groenlandia sería, en consecuencia, el vertebrado más longevo del mundo.

Un equipo de la Universidad de Copenhague calculó la edad de estos tiburones analizando el carbono 14 del núcleo del cristalino del ojo de veintiocho hembras. ¿Por qué el cristalino? Porque los tiburones son peces cartilaginosos y no óseos, por lo que carecen de las pequeñas formaciones de carbonato de calcio, llamadas *otolitos*, que se forman en el oído interno de los peces óseos y presentan, como los árboles, anillos anuales de crecimiento que es suficiente contar para conocer la edad del animal.

El mencionado núcleo del cristalino del ojo de los tiburones se forma durante el desarrollo fetal del pez. Sus células encierran proteínas cuyo carbono proviene del alimento de la madre durante la gestación, las que luego del nacimiento no intercambian átomos de carbono con el ambiente. Es decir, las células del núcleo del cristalino solo contienen carbono 14 del momento en que se formaron, a partir del cual comenzó su decaimiento radiactivo. Por ello, para datar el nacimiento del tiburón, basta con determinar la relación entre la cantidad de ^{14}C que subsiste y aquella que tuvieron cuando se formaron, pues se sabe que si las células no incorporan nuevo carbono, la cantidad de ese isótopo radiactivo se reduce a la mitad cada aproximadamente 5700 años.

De esta manera, los investigadores daneses establecieron que el de más edad de los tiburones analizados habría vivido entre 272 y 512 años. También llegaron a la conclusión de que la especie alcanzaría la madurez sexual a los 120 años.

La datación realizada, sin embargo, ofrece algunas dificultades, pues hace falta disponer de datos sobre la proporción de ^{14}C con relación al total de carbono ambiental en las distintas épocas. Esa proporción varía con la actividad solar, los cambios del campo magnético terrestre y la actividad humana. Se confeccionan curvas de calibración que se confrontan con dataciones obtenidas por otros métodos, como la dendrocronología o estudio de los anillos en los árboles. Pero las curvas muestran discontinuidades o escalones, uno de los cuales corresponde, precisamente, al momento de nacimiento del espécimen más viejo estudiado. Además, los datos utilizados para la calibración son de mares tropicales y templados, que contienen menos CO_2 disuelto que los mares fríos. De ahí que exista el señalado entorno de incertidumbre de 120 años en más o en menos en la edad de ese ejemplar. Aunque algunos investigadores piensen que la edad calculada resulta algo excesiva y que debe ser confirmada por métodos complementarios, juzgan que esta datación constituyó un buen paso adelante. CH

Más información en *La Recherche*, 516, octubre de 2016, y en Nielsen J *et al.*, 2016, *Science*, 353, 6300: 702-704, doi *10.1126/science.aaf1703*.

Jorge Alejandro Suby
Leandro Hernán Luna
Claudia Marcela Aranda
Gustavo Ariel Flensborg

Paleopatología

Igual que muchos otros aspectos del mundo en que vivimos, la salud y las enfermedades que afectan a la humanidad han cambiado con el tiempo, y lo seguirán haciendo en el futuro. Para comprender la evolución de la salud humana a lo largo de cientos o miles de años se analizan los restos de quienes vivieron entonces, principalmente huesos y dientes, aunque en ocasiones también tejidos blandos, pelo y uñas preservados en momias por lo común encontradas en excavaciones arqueológicas. La *paleopatología* humana es la disciplina científica que estudia las evidencias de enfermedades pretéritas en esos restos y evalúa cómo las sociedades se adaptaron a ellas.

Las investigaciones paleopatológicas son interdisciplinarias, ya que por lo común integran, entre otros, conocimientos médicos, biológicos, arqueológicos y antropológicos. Si bien en Europa sus primeros antecedentes datan de hace no menos de cinco siglos, se estableció como disciplina científica moderna a partir de fines del siglo XIX o inicios del XX. Actualmente dispone de métodos radiográficos, moleculares y osteológicos que le permiten abordar sobre bases firmes el estudio de las enfermedades del pasado. Los enfoques poblacionales y la integración de información biológica y cultural le permitieron definir, a partir de la década de 1960, conceptos teóricos y métodos que hoy se consideran bien establecidos.

Entre esos conceptos teóricos se encuentra el *enfoque* o *modelo biocultural del estrés*, generado a partir del trabajo de un conjunto de antropólogos de los Estados Unidos, entre ellos George Armelagos (1936-2014), de la Universidad de Massachusetts y luego de la de Emory, en Atlanta (Georgia), y su discípulo Alan Goodman, del Hampshire College, en Amherst (Massachusetts).

Dicho enfoque considera que nuestra salud no solo es un hecho biológico, sino que está asociado de manera intrínseca con gran cantidad de factores socioeconómicos, culturales y ambientales. Por ejemplo, el acceso desigual a los recursos puede causar desnutrición en una parte de la población y reducir la resistencia inmunológica a enfermedades infecciosas, las cuales a su vez agravan la deficiencia nutricional de las personas afectadas. Al mismo tiempo, factores culturales como las técnicas que conducen a una más eficiente producción de alimentos pueden mitigar la situación de estrés, o bien incrementarla por la exclusión o el trato desigual de niños, enfermos o ancianos.

El modelo biocultural intenta explicar las formas en que los individuos y las poblaciones se adaptan a su entorno socioambiental y ve en la salud la medida del esfuerzo del organismo por adaptarse a su medio biológico y social. El estrés y las marcas que este deja en los restos del esqueleto resultan de ese esfuerzo y constituyen signos de

¿DE QUÉ SE TRATA?

Las huellas de enfermedades en restos humanos son evidencias de la historia de la salud de las personas y las poblaciones.

la lucha del organismo por salir airoso de una situación adversa. Dado que las enfermedades pueden reducir las posibilidades de sobrevivir y reproducirse, son parte del proceso de adaptación biológica humana a su ambiente.

Con este enfoque, la paleopatología actual proporciona información sobre cómo y cuándo evolucionaron las enfermedades, y por qué algunos individuos y poblaciones son más propensos a sufrirlas que otros. También aporta datos acerca de la distribución geográfica y los cambios evolutivos de algunas dolencias en el pasado, como la osteoporosis, el cáncer, la tuberculosis, la lepra o la sífilis, algunas de ellas de gran importancia en la actualidad.

Asimismo, permite evaluar la influencia de los factores socioeconómicos, culturales y biológicos en situaciones de violencia entre individuos y poblaciones, y contribuye a comprender cómo algunos cambios sociales y culturales afectan la salud. Por ejemplo, cómo influyeron en la salud de los grupos humanos las diferentes maneras de obtener alimentos, ya sea caza-recolección, agricultura o cría de animales, lo mismo que las grandes migraciones y el desarrollo industrial. Ese reconocimiento de las trayectorias evolutivas de las enfermedades ayuda a comprender los procesos patológicos vividos en nuestros días.

La salud en el pasado

La principal fuente de información paleopatológica es el estudio de restos mortales (esqueletos, dientes y tejidos momificados o calcificados), el que en algunos casos se complementa con registros históricos. Luego de la muerte los cuerpos sufren transformaciones cuyo resultado depende de cómo las sociedades los traten y de las condiciones de los lugares en que los depositen o entierren.

Las creencias y los ritos funerarios de cada grupo humano influyen en la forma en que los restos se preservan y en las posibilidades de recuperarlos. En la mayoría de las sociedades, no todos los difuntos son tratados igual: las diferencias pueden depender, entre otros factores, de estatus social, sexo, edad y causa de la muerte. Las características ambientales de los lugares de sepultura o entierro pueden determinar que se conserve una parte de los tejidos blandos, los que por lo común se pierden en su totalidad y solo quedan, de manera completa o fragmentaria, huesos y dientes.

A pesar de los avances realizados en los últimos años, es limitado lo que el estudio de restos humanos permite descubrir sobre la salud. Muchas enfermedades no dejan rastros en los huesos o los dientes: los trastornos intestinales, por ejemplo, solo pueden descubrirse en restos momificados. Muchas lesiones observadas en los huesos y la dentadura pueden provenir de más de una enfermedad, de modo que resulta imposible conocer su origen exacto solo estudiando las características de la lesión, pero a veces eso se logra teniendo en cuenta factores como qué huesos están afectados, la distribución de las lesiones en el esqueleto, el tipo específico de alteración,

Mandíbula de un individuo adulto en la que se distinguen rastros de procesos infecciosos, como la perforación, y se constata que sufrió numerosas pérdidas de dientes antes de morir. Excavada por Luis Borrero y su equipo en el sitio arqueológico Orejas de Burro, Santa Cruz, *ca.* 3500 años antes del presente. Cada segmento de la escala representa 1cm.

la edad, el sexo y otros. O por lo menos se consigue establecer el tipo de patología causante (congénita, infecciosa, tumoral, degenerativa, metabólica, accidente, etcétera).

Estas limitaciones no deben sorprendernos si consideramos que en muchos casos diagnosticar un enfermo es también difícil, aun con una gran cantidad de información clínica ausente de los análisis paleopatológicos. Para estos, hay casos en que resultan reveladoras las imágenes radiográficas o las tomografías computadas, las que permiten descubrir lesiones internas en momias sin dañarlas ni afectar su preservación. Algunos análisis de laboratorio pueden revelar la presencia de agentes patógenos, como bacterias, las que resultan identificadas si aparecen ácidos micólicos, que son lípidos presentes en las paredes celulares de algunas bacterias.

En las últimas dos décadas, con el progreso de la genética molecular, los análisis de ADN han permitido descubrir la presencia de microorganismos asociados con determinadas enfermedades y aportado importantes evidencias acerca de la dispersión e historia evolutiva de ellas. Así, por ejemplo, hemos logrado reconstruir una parte importante de la historia de la tuberculosis, una enfermedad causante de estragos en la salud humana tanto en el pasado como en la actualidad.

Es sabido el uso de los análisis de isótopos radiactivos para establecer la edad de muchos restos. El caso más conocido es el del carbono 14, que permite dataciones de restos vegetales o animales de hasta unos 50.000 años. Además existen isótopos no radiactivos de carbono y de nitrógeno cuya presencia en dientes y huesos proporciona información sobre la dieta, útil para interpretar carencias nutricionales o metabólicas asociadas con enfermedades como el escorbuto o la osteomalacia, producidas por deficiencia de vitaminas C y D respectivamente. Dietas inadecuadas también pueden debilitar el sistema inmunológico y poner a los individuos en una situación de mayor vulnerabilidad.

Otra línea de análisis es la identificación de parásitos asociados con los esqueletos, pues revelan relaciones simbióticas entre poblaciones humanas y animales, entre ellas las enfermedades infecciosas de estos transmisibles a las personas (llamadas *zoonosis*).

La paleopatología en la Argentina

A partir de 1990 las investigaciones paleopatológicas tomaron impulso en la Argentina. Hoy se estudian con métodos modernos evidencias de una gran variedad de enfermedades. La mayoría de esas investigaciones está a cargo de arqueólogos, por lo que los análisis estén mayormente orientados a comprender la dinámi-

Porción de cráneo de un adulto joven con numerosos poros, que son lesiones producidas por anemia. Excavado en 2008 por Hugo Tucker y Laura Salgán en el sitio arqueológico Bajada de las Tropas 1, Malargüe, *ca*. 500 años antes del presente. Cada segmento de la escala representa 1cm.

Vértebra lumbar de un individuo adulto con formaciones anormales de hueso en la parte superior producidas por artrosis, una enfermedad de las articulaciones común en la actualidad. Excavada por Gustavo Martínez y Gustavo Flensborg en 2006 en el sitio arqueológico Paso Alsina 1, provincia de Buenos Aires, *ca.* 500 años antes del presente. Cada segmento de la escala representa 1cm.

Cuerpo de vértebra dorsal de un individuo adolescente con una punta de proyectil incrustada que le causó la muerte, como se deduce de su ubicación. Excavado por Gustavo Martínez y Gustavo Flensborg en 2006 en el sitio arqueológico Paso Alsina 1, provincia de Buenos Aires, *ca*. 500 años antes del presente. Cada segmento de la escala representa 1cm.

Segunda y tercera vértebras cervicales fusionadas. Pertenecieron a un niño con una enfermedad congénita conocida por síndrome de Klippel-Feil, que produce malformaciones durante el desarrollo embrionario. Excavadas por Mónica Salemme y Fernando Santiago en el sitio arqueológico Margen Sur, Tierra del Fuego, *ca.* 900 años antes del presente. Cada segmento de la escala representa 1cm.

ca social y biológica de las distintas comunidades precolombinas, las condiciones de vida asociadas con los estilos de vida de cazadores-recolectores-pescadores, las consecuencias del advenimiento de la agricultura y la cría de animales, y los cambios producidos en los pueblos nativos como resultado del contacto con los conquistadores europeos.

Este tipo de investigaciones abarca gran variedad de temas. En algunos casos, buscan identificar los alimentos consumidos por el análisis de caries, rastros de infecciones bucales y pérdidas de dientes, y deducir las enfermedades probablemente padecidas como consecuencia de dietas inadecuadas. Además, desde hace algunos años se realizan numerosos estudios de la misma clase en restos humanos contemporáneos del país.

Determinadas consecuencias de traumatismos o contusiones, como huesos rotos o deformados, permiten hacer inferencias sobre acontecimientos o estilos de vida, por ejemplo, situaciones de violencia y de guerra, y también dejan rastros en huesos ciertas enfermedades infecciosas como las mencionadas tuberculosis y sífilis. El análisis de esos rastros de enfermedades infecciosas proporciona información sobre la demografía, movilidad y dispersión de agentes infecciosos.

El estudio de enfermedades de las articulaciones, como la artrosis, o el de las alteraciones en zonas de inserción de músculos en los huesos, permiten discutir el nivel de actividad física y advertir los cambios en el estilo de vida. Recientemente se han dado a conocer, en restos humanos prehispánicos encontrados en la Argentina, casos de otros tipos de enfermedades, entre ellas tumorales y congénitas, novedosos para la paleopatología local.

El análisis y el posterior destino de restos humanos está sujeto a salvaguardas éticas como las recogidas en el 'Código deontológico para el estudio, conservación y gestión de restos humanos de poblaciones del pasado', de la Asociación de Antropología Biológica Argentina (accesible en *http://revistas.unlp.edu.ar/raab/article/viewFile/ 797/741*), que cita el artículo 'Derechos y reclamos de los pueblos indígenas' publicado en el *número* 152 de Ciencia Hoy, el cual entre sus prescripciones establece que los estudios provean información para mejorar el conocimiento de las poblaciones actuales, y no se basen solo en el interés científico de conocer las sociedades antiguas. Así, la paleopatología no solo contribuye a conocer el pasado: también proporciona información sobre nuestro presente. CH

Los autores agradecen a F De Haro, JP Matta y V Gómez por sus valiosos comentarios.

LECTURAS SUGERIDAS

BUIKSTRA JE & BECK LA, 2006, *Bioarchaeology. The Contextual Analysis of Human Remains,* Academic Press, Amsterdam.

CAMPILLO D, 2012, *Paleopatología. Los primeros vestigios de la enfermedad*, Fundación Uriach 1838, Barcelona.

ROBERTS C & MANCHESTER K, 1995, *The Archaeology of Disease*, Cornell University Press, Ithaca NY.

SUBY J *et al.*, 2016, 'Paleopatología: interpretaciones actuales sobre la salud en el pasado', en Madrigal L y González-José R (eds.), *Introducción a la antropología biológica*, Asociación Latinoamericana de Antropología Biológica.

UBELAKER D, 2003, 'Enterramientos humanos. Excavación, análisis, interpretación', *Munibe*, Suplemento 24, accesible en *http://www.aranzadi.eus/catalogo/munibe/ munibe-suplemento/enterramientos-humanos-excavacion-analisis-interpretacion.*

Jorge Alejandro Suby

Doctor en ciencias biológicas, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Investigador adjunto en el Centro de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano (Incuapa), Unicen-Conicet.
jasuby@conicet.gov.ar

Leandro Hernán Luna

Doctor en arqueología, UBA.
Investigador adjunto en el Idecu, UBA-Conicet.
lunaranda@gmail.com

Claudia Marcela Aranda

Licenciada en ciencias antropológicas, UBA.
Jefa del área de Antropología Biológica, Museo Etnográfico JB Ambrosetti, UBA.
arandaclau@gmail.com

Gustavo Ariel Flensborg

Doctor en arqueología, Unicen.
Investigador asistente en el Incuapa, Unicen-Conicet.
gflensbo@soc.unicen.edu.ar

Noticias institucionales

CONICET Digital: resultados de ciencia y tecnología

A un año y medio de su lanzamiento, el repositorio del Consejo ya incluye más de 10 mil artículos de consulta libre al público.

En agosto de 2015 el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), a través de su Gerencia de Organización y Sistemas, lanzó el Repositorio Institucional **CONICET Digital** para dar cumplimiento a la Ley 26.899, sancionada en noviembre de 2013, y a su reglamentación. Allí se establece que los organismos e instituciones públicas que componen el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) y que reciben financiamiento del Estado nacional deberán desarrollar y mantener repositorios digitales institucionales de acceso abierto, ya sean propios o compartidos, donde alojar, preservar y difundir la producción científico-tecnológica que generan. CONICET Digital está adherido al Sistema Nacional de Repositorios Digitales, dependiente del Ministerio de Ciencia y, a un año de su lanzamiento, ya cuenta con más de **10 mil artículos** del total publicado por sus investigadores en revistas científicas entre los años 2013 y 2016. El acceso a este material es libre y gratuito, a través del **sitio web** www.ri.conicet.gov.ar , donde se pueden hacer búsquedas por temas, autor o disciplinas. Prácticamente todos sus artículos se encuentran disponibles a **texto completo**, salvo en los casos donde existan embargos por acuerdos con las revistas o por resguardos de confidencialidad. "En 16 meses pusimos a disposición de la sociedad 10 mil artículos, producto de los resultados de investigación financiados o cofinanciados con fondos públicos", cuenta Lorena Carlino, Coordinadora de Repositorios del CONICET. Junto con su equipo de bibliotecarios especialistas realizan un proceso de **curaduría** a través del cual normalizan los **metadatos** – es decir la información sobre la publicación y sus contenidos – y analizan las políticas editoriales de cada uno de los artículos antes de su publicación en el repositorio. A nivel nacional, casi **veinte profesionales** de distintos institutos colaboran para que CONICET Digital crezca día a día. "En estos últimos meses hemos hecho un gran esfuerzo y nos pusimos como meta llegar a los 10 mil ítems subidos para diciembre de 2016. En noviembre del año pasado hicimos un nuevo **taller** en el que formamos a **diez profesionales** de la información de distintas regiones del país para que se sumen a colaborar 'curando' el material que se publica en sus zonas o institutos, pero teniendo en cuenta que no es un trabajo individual o de cada instituto, sino que es una tarea de toda la comunidad del CONICET para ponerlo a disposición de la sociedad", agrega Carlino. Al momento se realizaron tres talleres para capacitar **bibliotecarios**, **documentalistas** y **archivistas** y otros profesionales relacionados con la edición y la información en tareas relacionadas

Primer Encuentro de Colaboradores del Repositorio Institucional CONICET Digital. Foto: CONICET Fotografía.

al manejo de **material digital** y procesos de curaduría. Hoy la oficina técnica del CONICET Digital cuenta con colaboradores en Corrientes, Formosa, Mendoza, La Plata, Puerto Madryn, Salta, Tucumán, Ciudad de Buenos Aires y Córdoba*. El material que se sube al repositorio es **autoarchivado** por los investigadores a través del Sistema Integral de Gestión y Evaluación (SIGEVA). Este sistema reúne actualmente unos **850 mil documentos**, que incluyen artículos, tesis, libros y eventos científicos, entre otros, y que son producto de las investigaciones de los **últimos diez años** en el CONICET, con un incremento anual de unos 60 mil documentos. "Por otro lado", comenta Carlino, "para lograr que todo el patrimonio científico tecnológico del CONICET esté abierto a la sociedad más rápidamente mejoramos algunas tareas. Pronto vamos a implementar una forma más ágil de carga de artículos en el SIGEVA que va a permitir no sólo reducir considerablemente el tiempo que le demanda a los investigadores el autoarchivo, sino también estandarizar la descripción del documento para disminuir el tiempo de curaduría".

Finalmente, y para continuar dando cumplimiento a la Ley, a mediados de 2017 está pautada la incorporación del Plan de Gestión de Datos (PGD). Este instrumento permite a los investigadores planificar el manejo, la preservación y la futura publicación de los datos de investigación, y permite a las instituciones conocer de forma anticipada las dificultades, proponer mejoras y prever necesidades futuras.

Otro proyecto para 2017 es la implementación del Repositorio de Datos de Investigación del CONICET, que es una plataforma donde se almacena, preserva y difunde la colección de datos recolectados en una investigación.

"Son aquellos datos que toman los investigadores durante sus trabajos o campañas, y que al procesarlos y analizarlos se convierten en los resultados de investigación. Son, por ejemplo, las observaciones que realizan durante las salidas al campo, o los datos y materiales que recolectan, que son una fuerte importantísima de información porque en muchos casos no pueden ser replicados", analiza Carlino.

A través del Repositorio de Datos de Investigación estarían, entonces, disponibles para nutrir investigaciones de otros grupos, y ahorrar tiempo y esfuerzo, entre otras cosas. "Los Repositorios nos permiten abrir la ciencia, resguardarla y preservarla. En nuestro caso particular son el patrimonio más importante que resulta de los fondos que se invierten en el CONICET. Pero va más allá del mandato de una ley: el fin es lograr construir una ciencia más abierta y esto conlleva un compromiso de toda la comunidad científica, un cambio cultural que requiere tiempo, pero es la forma de contribuir en el avance del conocimiento", enfatiza.

Ciencias exactas y naturales

Geólogos del CONICET encontraron una forma de vida de hace 545 millones de años

Es el registro más antiguo hallado en Sudamérica y se cree que sería el antecesor de la fauna actual.

Por Mercedes Benialgo

La antigüedad del hallazgo es tal que no es posible afirmar si se trata de formas vegetales o animales. Por lo tanto biota –conjunto de seres vivos- es el concepto con que se define a cientos de **impresiones fósiles de unos 545 millones de años de antigüedad** que científicos del CONICET en el **Centro de Investigaciones Geológicas (CIG, CONICET-UNLP)** encontraron en la formación Cerro Negro, ubicada en la localidad bonaerense de Olavarría. La novedad fue publicada en la revista *Scientific Reports*.

"Desde el principio nos llamó mucho la atención lo que vimos, porque en el tiempo del que estamos hablando los únicos organismos que existían eran algas unicelulares flotando en el agua, y esto da cuenta de algo más complejo", relata María Julia Arrouy, becaria posdoctoral del CONICET y primera autora del trabajo. El descubrimiento al que se refiere consiste en un gran número de huellas sobre piedras pertenecientes al **período Ediacárico**, ubicado entre 563 y 541 millones de años atrás.

El principal valor del hallazgo está dado por ser el registro más antiguo de Sudamérica. "Son impresiones de cuerpos blandos llamados *body fossils*, que tenían una estructura más compleja de lo habitual conformadas por células eucariotas, es decir, compuestas por membrana, citoplasma y núcleo, y eventualmente con función de tejido", explica Arrouy. "Estos macrofósiles son muy escasos en el mundo; sólo han aparecido en Canadá, Australia, Namibia, China, Rusia, Reino Unido… ¡y ahora en Argentina!", apunta con entusiasmo Daniel Poiré, investigador principal del CONICET en el CIG y director del grupo a cargo del trabajo que, cabe mencionar, fue realizado en colaboración con expertos de la Universidad Estatal Paulista (UNESP) de Brasil.

Si bien lo que sigue a futuro es analizar de manera más exhaustiva la especie hallada, debido a su forma de disco y otros rasgos, los investigadores **se arriesgan a ubicarla dentro de Aspidella**, un conjunto de organismos marinos. "Esa hipótesis, a su vez, implica la presencia de un mar, algo que también está en discusión para este período geológico. Hay teorías que hablan de la existencia de un océano denominado Clymene, y nuestro descubrimiento la abonaría", describe Arrouy. Por su parte, Poiré añade que "el hallazgo nos señala que esta biota vivió cerca de la playa, en aguas someras no muy cristalinas, probablemente a una profundidad de entre 4 y 20 metros".

Lo que sí está claro es que esta forma de vida es más primitiva que la que se ha descripto para el período Cámbrico, iniciado hace 542 millones de años en lo que se denomina **Explosión Cámbrica**, y de ahí que se la ubique con certeza en una antigüedad mayor. "Tenemos que saber que en ese entonces la atmósfera era distinta: estaba más cargada de dióxido de carbono y otros gases 'nocivos' para la vida como la conocemos hoy, y los organismos estaban adaptados a esas condiciones. Además, los había a montones, quizá porque no tenían depredadores", cuenta Arrouy.

En ese cambio de período irrumpió una gran variedad de fauna diversificada -la antecesora de los animales que hoy conocemos-, y especies como Aspidella no subsistieron. "Si bien aún existen interesantes discusiones científicas sobre a qué reino pertenece la biota de Ediacara, uno se inclina a pensar que eran animales pluricelulares, de hecho que habrían sido los primeros en aparecer en el mar 20 millones de años antes de entrar en el período Cámbrico", señala Poiré, y describe: "Probablemente vivían en posición erguida, fijados al sustrato a través de los discos, y flexibles gracias al agua que les recorría el cuerpo por dentro".

Profesor de la UNESP y otro de los autores de la publicación, Lucas Warren también resaltó la importancia del hallazgo "para la paleontología de todo el continente", según expresó. "Hasta ahora, de Ediacara solamente se habían descripto en Brasil y Paraguay otras especies llamadas Cloudina y Corumbella, pero que ya tenían esqueleto. Lo que apareció en Argentina es más antiguo", apuntó el científico, al tiempo que confió en que registros similares probablemente puedan encontrarse en su país, especialmente en rocas de la misma edad ubicadas en la localidad de Bambuí, Minas Gerais.

Los registros fósiles hallados son cientos. Foto: gentileza investigadores.

Julieta Arrouy junto con colaboradores brasileños que participaron del hallazgo. Foto: gentileza investigadora.

**Los científicos destacan la colaboración de la empresa Cementos Avellaneda por permitirles recorrer las canteras y perforaciones con total libertad y recoger materiales para su estudio.*

Ciencias exactas y naturales

Logran la máxima resolución en microscopios de fluorescencia

Un científico del CONICET formó parte de un equipo internacional, dirigido por el Premio Nobel de Química Stefan Hell, que desarrolló una metodología que logra una resolución inédita en células vivas.

Por María Bocconi

Fernando Stefani, vicedirector del Centro de Investigaciones en Bionanociencias (CIBION) del CONICET e investigador independiente del Consejo, participó de un trabajo en el que científicos lograron traspasar el límite de resolución que hasta ahora se daba en los microscopios de fluorescencia llamados de superresolución. Desarrollaron una nueva metodología llamada MINFLUX (por su utilización mínima de fotones), presentada en la prestigiosa revista *Science* y que permite ver detalles de un nanómetro (1 nm), es decir, 10 millones de veces más pequeños que un centímetro.

"Las moléculas fluorescentes emiten un número de fotones limitado. Esto a su vez restringe la resolución espacial que se puede alcanzar con la microscopia de superresolución. Este nuevo método MINFLUX combina varios conceptos de las microscopía de fluorescencia de súper-resolución de una manera muy novedosa, y aprovecha al máximo la información de cada fotón de fluorescencia para determinar la posición de una molécula. Por eso nos permite alcanzar un nuevo nivel de resolución, llegando a las dimensiones mismas de una sola molécula, 1 nanómetro", explica Stefani.

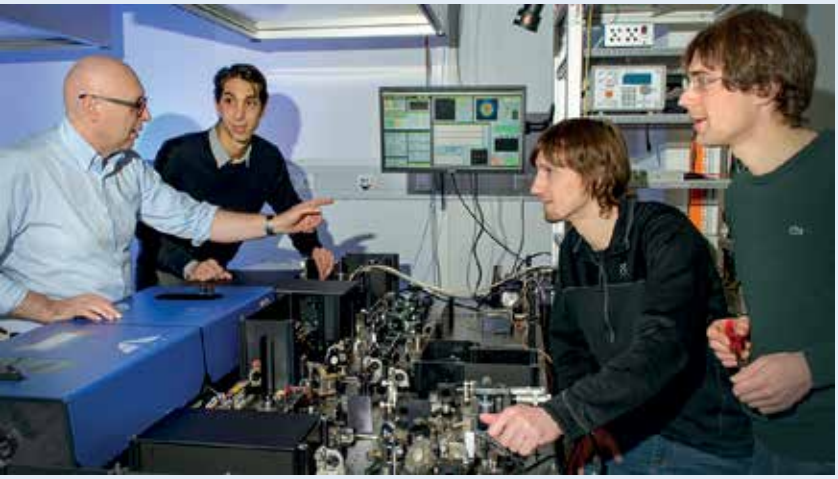
Uno de los autores principales del trabajo es un joven argentino, Francisco Balzarotti, quien se desempeña en el departamento de NanoBiofotónica del Instituto Max Planck de Química Biofísica, Alemania, y que es un exintegrante del Laboratorio de Electrónica Cuántica del departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA (FCEN-UBA).

"La colaboración con Stefan Hell comenzó en 2011 cuando obtuvimos un subsidio Partner Group de la Sociedad Max Plank. Francisco fue el primer involucrado en esta colaboración, viajó a Alemania como becario pos-doctoral y realizó un trabajo extraordinario durante todo este tiempo. Luego el proyecto fue desarrollándose de manera más elaborada y se sumaron investigadores de Alemania y Suecia", cuenta Stefani.

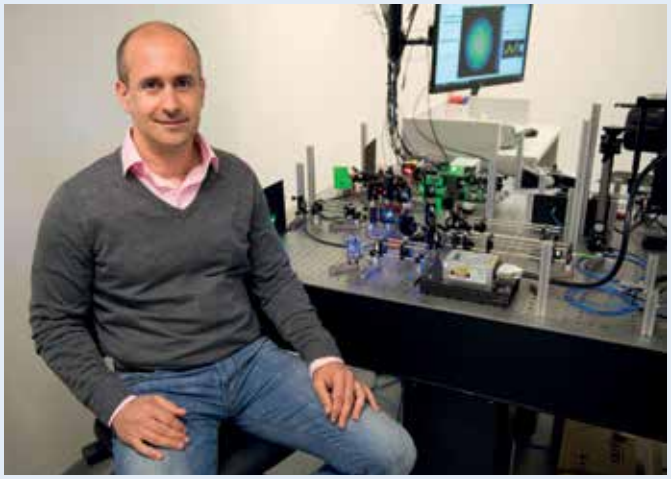
Los científicos confían en que esta nueva metodología abrirá puertas para que este tipo de microscopía pueda competir con la microscopía electrónica, la cual brinda resolución espacial nanométrica pero impone condiciones muy desfavorables para observar organismos vivos. "Al contrario que la microscopia electrónica, MINFLUX se puede implementar en un laboratorio convencional, no requiere súper alta tecnología y el hecho de usar luz, en vez de electrones energéticos, es conveniente para observar muestras biológicas". En este mismo artículo se demuestra la aplicación de MINFLUX al monitoreo de proteínas dentro de una bacteria, *Escherichia Coli (E. Coli)*, viva.

Este novedoso dispositivo está funcionando en el grupo de Stefan Hell, donde se desempeña Balzarotti. Por su parte el CIBION se encuentra instalando en el Polo Científico Tecnológico y sería el segundo laboratorio en el mundo en contar con esta tecnología. "Tenemos el conocimiento y la capacidad para implementar MINFLUX y ya se encuentra un becario trabajando en este proyecto. Haremos todo el esfuerzo para aprovechar esta oportunidad estratégica y poder aplicar esta nueva tecnología en investigaciones locales de alto impacto".

"El potencial es enorme. Las técnicas de superresolución no se terminaron de establecer y esto abre todo un nuevo panorama. Alcanzamos el máximo nivel de resolución que tiene sentido físico para una técnica óptica, es decir el del tamaño mismo de la fuente de luz, una molécula", concluye.



Stefan Hell, junto a los primeros autores, Balzarotti, Eilers, y Gwosch.
Foto: Irene Böttcher-Gajewski / Max Planck Institute for Biophysical Chemistry.



Fernando Stefani. CIBION. Foto: CONICET fotografía.

Manuel Mora y Araujo
IPSOS Argentina

Conocer, influir, pronosticar

Los propósitos de las encuestas

La invención de la encuesta

La *encuesta por muestreo* es un invento del siglo XX. Consiste en inferir ciertas características de una población (por ejemplo, cómo votará) interrogando a una fracción rigurosamente elegida de sus integrantes. La herramienta suele tener tres propósitos: es un método para obtener conocimiento, una guía para realizar campañas comunicacionales y una forma de pronosticar los resultados de elecciones. Las tres funciones son de vieja data: de hecho, son casi tan antiguas como la misma humanidad. Conocer el mundo, influir en los acontecimientos y anticiparse a lo que sucederá han sido, desde tiempos remotos, inquietudes humanas aplicadas a planos muy distintos de la vida.

El uso de tales encuestas para estudiar la opinión pública y pronosticar resultados electorales no fue posible hasta que se produjo un desarrollo importante en la disciplina base, la estadística, concretamente, la estadística inferencial. Esta hizo posible el concepto de *muestra de población*, que está en la base de la encuesta por muestreo.

Otros elementos constitutivos de la herramienta, sin embargo, fueron concebidos mucho antes: la idea de obtener información preguntando a la gente y registrando sus respuestas, por ejemplo, ya estaba instalada en el siglo XIX, al punto que hasta Karl Marx (1818-1883) intentó servirse de ella. Los conceptos aportados por la psicología para medir actitudes, en cambio, fueron desarrollos en el siglo XX. La estadística analítica, del mismo modo, tuvo a su disposición métodos y enfoques que no habían sido establecidos antes del siglo XX, aunque el XIX conoció una notable expansión del uso de información estadística.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Fortalezas y debilidades de los estudios de opinión y de las encuestas tradicionales y nuevas.

En la década de 1930 pioneros estadounidenses como George Gallup (1901-1984) y Elmo Roper (1900-1971) pusieron a punto el procedimiento de la encuesta por muestreo, la que estuvo al servicio de las campañas presidenciales de Franklin D Roosevelt. Antes las encuestas carecían de una base estadística sólida. Su propósito era satisfacer la curiosidad anticipatoria del público. El *Literary Digest*, por ejemplo, publicaba encuestas a miles de personas, pero su capacidad predictiva era bajísima.

En los Estados Unidos, la técnica de la encuesta por muestreo no tardó en ser incorporada a los departamentos universitarios de ciencias sociales, donde sirvió al propósito de avanzar en el conocimiento científico de aspectos de la vida social; a oficinas gubernamentales, para profundizar en distintos aspectos de la tarea administrativa; de modo sistemático a las campañas electorales, para alimentar estrategias de comunicación, y al amplio stock de información periodística, para ofrecer a los públicos de los medios anticipos de los resultados electorales.

En esta última función las encuestas siempre tuvieron altibajos. El mismo Gallup sufrió un resonante fracaso en las elecciones presidenciales estadounidenses de 1948, cuando pronosticó la derrota de Harry Truman ante Thomas Dewey, pero en esa misma elección Leslie Kish (1910-2000), uno de los fundadores de la estadística inferencial moderna, logró un correcto pronóstico con una muestra nacional de seiscientos casos, un tamaño insólitamente reducido aun para los nuevos métodos, y risible para quienes pensaban que el tamaño de la muestra es más importante que su calidad probabilística.

Pronto la técnica fue adoptada en Francia y otros países de Europa, y después en América Latina. En la Argentina su mayor propulsor fue el italiano Gino Germani (1911-1979), llegado al país en la década de 1930 como refugiado del fascismo, quien en la segunda mitad de la década de 1950 y la primera de la de 1960, como director del Departamento de Sociología de la Facultad de Filosofía y Letras (UBA), formó a las primeras generaciones de sociólogos capacitados en el manejo de la herramienta y en la teoría que la respalda, mientras que en el Instituto de Sociología de la misma facultad realizó las primeras grandes investigaciones mediante encuestas. Algo después, José Enrique Miguens (1918-2011) lideró el crecimiento académico del campo en la UCA. La aplicación práctica de encuestas en campañas electorales en el país comenzó con la elección presidencial de 1983, en que las realizadas de manera seria anticiparon entonces el triunfo de Raúl Alfonsín, quien había basado su campaña en un uso eficiente de ellas.

Dicha campaña de Alfonsín es una buena ilustración de la multiplicidad de usos de las encuestas en la vida política.

La estrategia de la campaña se basó enteramente en análisis de datos obtenidos de esa manera, a partir de los cuales la comunicación estableció los mensajes y las vías por las que los difundiría. Desde ese momento, prácticamente todos los partidos políticos –grandes y chicos, tradicionales y nuevos– hicieron uso de las encuestas, lo cual naturalmente provocó un importante desarrollo de la profesión.

Al mismo tiempo, el acierto predictivo de varias encuestas de 1983 alentó el empleo periodístico de la herramienta, a pesar de algunos resonantes fracasos. El tiempo cimentó la reputación de los encuestadores más serios, con lo que se fue formando un mercado más estructurado. En algunos casos, los candidatos resolvieron hacer campaña en contra de encuestas que los desfavorecían y descuidaron comunicar sus propuestas, pero las siguieron necesitando para tener pronósticos, que pasaron a ser un requerimiento central de las encuestas.

Desde el inicio, el valor predictivo de las encuestas fue tendencialmente bueno, pero a veces resultó desacertado. Está claro que un instrumento basado en la estadística inferencial informa acerca de lo que está sucediendo pero no está preparado para anticipar lo que sucederá. Para esto, muchos investigadores procuraron recurrir a diversos recursos, como modelos de múltiples variables y técnicas de proyección de tendencias. Pero fenómenos humanos del tipo de los procesos electorales tienen una complejidad que obstaculiza eliminar la incertidumbre. Por otro lado, por su misma naturaleza, las campañas electorales procuran, precisamente, influir hasta último momento en los resultados. Así, aun cuando tuvieran una capacidad predictiva robusta, las encuestas entran en conflicto con quienes hacen uso de la información que proporcionan para tratar de modificar los resultados predichos. En un sentido bastante literal, el éxito de unos implica el fracaso de los otros.

Los fracasos recientes

En estos días se habla mucho del fracaso de las encuestas. Efectivamente, una serie de resonantes resultados electorales en distintos lugares del mundo contradijeron los pronósticos de los encuestadores, entre los que están el plebiscito en el Reino Unido sobre la permanencia británica en la Unión Europea (*brexit*), el realizado en Colombia sobre la paz con la guerrilla y la elección presidencial en los Estados Unidos. También hubo fracasos de magnitud en encuestas electorales en la misma Colombia, Panamá, Costa Rica, Chile, en parte en la Argentina en 2015, Gran Bretaña, España y otros países. Pero hubo aciertos igualmente resonantes, como sobre la reciente elección presidencial en Perú.

En el pasado siempre existieron pronósticos equivocados basados en encuestas, compensados por otros pronósticos verificados, pero ahora la seguidilla de fracasos parece no encontrar compensación. En parte esto se debe a que los desaciertos recientes lo han sido sobre situaciones de importancia crucial en los respectivos países y a que los resultados efectivos de las votaciones fueron muy parejos. Estrictamente hablando, las estimaciones de una encuesta indican probabilidades de obtener ciertos resultados con determinados márgenes de variación. Así, en la reciente elección presidencial norteamericana las encuestas nacionales predijeron con acierto los resultados globales dentro de los márgenes de variabilidad aceptados, y de hecho Hillary Clinton ganó la votación popular con números no muy distintos de los que anticipaban las encuestas.

Donald Trump, no obstante, ganó en unos pocos estados en que las encuestas lo daban por perdedor y, en virtud del particular sistema de conformación del colegio electoral, esos estados le permitieron alcanzar la mayoría de electores. En esos estados, sin duda, hubo algo que falló en las encuestas, sobre lo que se han elaborado múltiples explicaciones ad hoc.

Un excelente análisis publicado en *The New York Times* (Nate Cohn, Josh Katz & Kevin Quealy, 'Putting the Polling Miss of the 2016 Election in Perspective', 13 de noviembre de 2016) sostiene que se debió a dos errores. Uno atribuible a las encuestas, consistente en un muestreo defectuoso por la subrepresentación de los votantes blancos con baja educación habitualmente empleados que hoy no lo están. El otro error fue la equivocada estrategia de la campaña de Clinton, en parte inducida por las encuestas, que descuidó los estados del norte y noreste en los que ese fenómeno es más marcado. El defecto de muestreo, según los firmantes de la nota, es más general, pero sus consecuencias se magnifican en estados en que esa población es proporcionalmente más numerosa. Coincido en que las muestras en uso subestiman a algunos segmentos poblacionales, algo que también sucede en la Argentina.

Una dificultad adicional es la predicción de cuántos votarán. Mucha gente no admite de antemano que no votará, o decide a último momento no hacerlo. La baja tasa de votantes explica en alguna medida la derrota de Clinton en determinados estados, el triunfo del *brexit* y el rechazo del acuerdo de paz en Colombia.

Problemas técnicos

A lo anterior se suman dificultades técnicas. El método original requería normalmente valerse de muestras probabilísticas de la población, es decir, muestras en las que todos los individuos que la componen tengan igual probabilidad de ser incluidos. Para eso se necesita una lista completa de todos ellos. En la década de 1950 Germani intentó vanamente producir esa lista entre nosotros y obtuvo enormes subsidios de la universidad y de algunas fundaciones, pero no lo logró porque en términos prácticos es inviable. De ahí que la práctica universalmente aceptada haya sido proceder por etapas sucesivas.

Esto significa que, por ejemplo, primero se zonificaba el territorio, luego se sorteaban las zonas, después se seleccionaban al azar hogares en cada zona elegida y por último se identificaban al azar personas a encuestar en cada hogar retenido. Las personas sorteadas ausentes del hogar se buscaban en pasos sucesivos y, si no se las ubicaba, se las reemplazaba también por procedimientos aleatorios. Todo el operativo se sometía a fuertes controles y su ejecución se supervisaba en el terreno.

El proceso de colectar la información era lento y costoso, aun cuando para acortar el tiempo fuese realizado con muchos encuestadores y supervisores (si se lograba reunirlos y entrenarlos). Procesar una encuesta desde el comienzo hasta el final tomaba varios días, a menudo más de una semana, aunque eso era exiguo comparado con los tiempos usuales en los proyectos de las universidades, que podían insumir varios meses (por eso los académicos tendían a mirar a sus colegas de las consultoras con escepticismo).

El desempeño de los encuestadores es otro factor que puede deteriorar la calidad de las encuestas, sobre todo si están mal entrenados, son poco supervisados y hasta procuran deshonestamente torcer las opiniones de los encuestados. Igualmente contribuye a que haya escepticismo sobre las encuestas la difusión deliberada de datos falsos para influir en el resultado electoral.

Otra cuestión problemática es que, estrictamente, una muestra nacional es impracticable, como lo ilustra la reciente elección de los Estados Unidos. El método sustitutivo aceptado es componer una muestra de alcance nacional por la suma de muestras locales, lo cual no es lo mismo. El margen de variabilidad (llamado a menudo margen de error) de tal muestra resulta de la sumatoria de márgenes locales, cada uno de los cuales –por tratarse de muestras más pequeñas– tiene una variabilidad más alta que una hipotética muestra nacional. No tengo dudas de que en esto reside la causa de muchos fracasos, tanto en la Argentina como en otros países. Esta dificultad no tiene solución y solo se puede explicar, en forma honesta, cuáles son los reales márgenes de variabilidad.

En los últimos tiempos, el mercado demandó encuestas cada vez más rápidas, lo que llevó a la idea de las *encuestas de boca de urna*, realizadas y procesadas el mismo día de la votación. Su utilidad tiene duración ínfima: unas

pocas horas, hasta que se difunde el recuento oficial, y su interés periodístico es efímero, excepto en los casos en que el recuento efectivo de los votos resulta puesto en duda. La industria aceptó el desafío de esas encuestas, lo cual se tomó como evidencia de que es posible reducir los tiempos de ejecución a pocas horas.

La demanda de resultados en tiempos cortos y a costos al alcance de clientes con limitaciones presupuestarias llevó en muchos países al uso de muestras no probabilísticas llamadas *muestras coincidentales* o *casuales*. Consisten en elegir a los encuestados en forma puramente casual, por ejemplo, deteniendo a gente en lugares muy concurridos y encuestando a los que acepten responder. También se pasó a las encuestas telefónicas, que obviamente dejan afuera a la población sin acceso telefónico.

Variedades de las últimas, que los lectores seguramente conocen por haberlas padecido, se llaman CATI (*computer-assisted telephone interviewing*), ACTI (*automated computer telephone interviewing*) y encuestas por IVR (*interactive voice response*), que reducen sustancialmente la intermediación humana o prescinden de ella en el proceso de recolección de datos. A veces estos métodos logran buenos pronósticos y otras veces son útiles para entender qué está pasando o para respaldar decisiones sobre tácticas de campaña, como lo pueden ser las investigaciones que arrojan resultados cualitativos, por ejemplo, los grupos de discusión (*focus groups*). Pero son procedimientos limitados para entender de una manera más profunda las complejidades del mundo real. Conocerlas requiere instrumentos más complejos que los utilizados por las encuestas electorales.

Un problema adicional, agravado por los métodos indicados en el párrafo anterior, es el enorme aumento del número de personas que se niegan a responder. En los tiempos iniciales de las encuestas se consideraba razonable que hasta el 25% de los interrogados no contestara; hoy esa fracción ha crecido al punto de introducir un sesgo incontrolable en las muestras. Tampoco este problema tiene solución a la vista, aunque es posible que, de las opciones disponibles, se tienda a emplear más las investigaciones cualitativas o a volver a la lógica de Kish de recurrir a muestras pequeñas muy controladas. Esto será más costoso: si el mercado no acepta el mayor costo, se seguirá consumiendo productos de calidad dudosa.

Siempre han existido críticos de las encuestas, si bien entre ellos hubo quienes esgrimieron argumentos superficiales y otros que las atacaron motivados por intereses. La encuesta por muestreo fue habitualmente cuestionada por quienes no aceptan la lógica de la estadística inductiva y del muestreo probabilístico, o que cuestionan su aplicación a las sociedades humanas. Por otra parte, los investigadores académicos tienden a discutir lo que consideran la ligereza de algunas interpretaciones, la endeble base estadística que suele respaldar determinadas conclusiones y, por cierto, la calidad de las muestras.

Cuando la realidad cambia

Un problema de otra naturaleza es la realidad a la cual se aplican los instrumentos de observación y análisis. Una encuesta trabaja con una masa densa de información que en cada caso es cerrada: lo que no se preguntó en un cuestionario queda enteramente fuera de la encuesta, la cual solo mide lo incluido en el instrumento de medición.

El ojo clínico de un investigador experimentado puede, sin embargo, hacer inferencias posteriores. Además, dispone de un auxilio importante: encuestas anteriores que produjeron datos comparables, con los que se pueden construir series temporales. Tales series proporcionan un aval riquísimo para respaldar inferencias. Pero, a la vez, cuando se produce un cambio inesperado de tendencia, surge siempre la pregunta sobre si habrá cambiado la realidad, se tratará de un efecto de campañas de comunicación o será producto de un error de medición. Esas posibilidades alternativas, consideradas por el investigador, carecen de todo interés para quien consume la información, sea el candidato a un cargo electivo, el equipo que conduce una campaña política o comercial o el lector del diario que publica la encuesta.

Cuando las variaciones de la tendencia que revela una serie temporal resultan de cambios ocurridos en la mente de las personas estudiadas, el desafío para el investigador es mayúsculo, pues tiene que entender a la vez la dinámica interna de un proceso y los factores del entorno que lo desencadenan. Esto pasa acentuadamente en el mundo de hoy, en el que la gente muta con facilidad sus preferencias o intenciones, algo que en materia política solemos llamar *volatilidad electoral*. Los factores reales que antes determinaban en buena medida el voto, como la familia, la posición socioeconómica o la simpatía por un partido, están perdiendo influencia, y muchos votantes consideran que nada los apura ni los fuerza a tomar una decisión temprana. Algunos investigadores se amparan en este hecho para justificar su mal desempeño predictivo. Es su manera de decir 'mi herramienta no sirve para eso', en cuyo caso la pregunta inmediata a hacerles es: ¿para qué sirve? Y además, ¿qué herramienta sirve para eso? Porque, si las encuestas fueran de utilidad, deberían servir para cualquier situación y cualquier realidad, previsible o cambiante. Los problemas técnicos, cuando se los identifica, deben ser resueltos.

La volatilidad electoral magnifica las consecuencias de un factor técnico de las encuestas rigurosas por muestreo, a saber, el tiempo necesario para realizarlas. Aun

llevado al mínimo, para publicar predicciones sobre la hora de los comicios, seguramente se necesita interrogar a encuestados entre diez y veinte días antes, de suerte que la encuesta no refleja lo que piensan cuando llegó el momento de votar sino su pasada intención.

Aceptando que el mundo está cambiando y que la política está tornándose más volátil, de todos modos podemos presumir que la democracia continuará existiendo y, por lo tanto, que los gobernantes seguirán siendo elegidos mediante el voto popular. El mundo seguirá necesitando las dos principales funciones que vienen dando razón de ser a las encuestas por muestreo: ayudar a definir las estrategias de comunicación y anticipar el resultado de las votaciones, es decir, seguirá habiendo campañas electorales y se continuará haciendo pronósticos. Dos funciones casi tan antiguas como las sociedades humanas, para las cuales este invento que data de hace unos ochenta años, imperfecto como es, resulta más útil que cualquier otra cosa conocida hasta ahora.

No se me escapa que están en oferta dos alternativas a la encuesta por muestreo cuya efectividad todavía no ha sido demostrada: la que proviene de los desarrollos más recientes de las neurociencias, a los que subyace un determinismo distinto pero de la misma clase que antiguos determinismos extraindividuales, y la que proviene del análisis por computadora de la masa inconmensurablemente grande de información que proporcionan las mismas personas sin proponerse hacerlo por sus consultas a sitios de internet, sus teléfonos celulares y los dispositivos incorporados a ellos, sus tarjetas de crédito y otras vías (que suele llamarse *big data*). Tal vez en algún momento próximo haya que dedicar más atención a esos caminos alternativos cuando se hable de influir y pronosticar. Pero el tema de esta nota se centra en las encuestas. CH

LECTURAS SUGERIDAS

GALTUNG J, 1978, *Teoría y método de la investigación social*, Eudeba, Buenos Aires. Obra obsoleta en materia de procesamiento de datos pero vigente en su visión de conjunto.

MERCIER A (ed.), 2012, *La comunicación política*, La Crujía, Buenos Aires.

MORA Y ARAUJO M, 2012, *El poder de la conversación. Elementos para una teoría de la opinión pública*, La Crujía, Buenos Aires.

NOELLE-NEUMANN E, 1995, *La espiral del silencio*, Paidós, Buenos Aires.

PRICE V, 1992, *La opinión pública*, Paidós, Barcelona.

SILVER N, 2012, *The Signal and the Noise. Why so many predictions fail but some don't*, Penguin Press, Nueva York.

Manuel Mora y Araujo

Magíster en sociología, Flacso.
Profesor visitante, Graduate School of Political Management, George Washington University.
Consultor, IPSOS Argentina.
manuel.morayaraujo@ipsos.com

María Alejandra Martínez-Ghersa
Analía I Menéndez
Pedro E Gundel
Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas vinculadas a la Agricultura (Ifeva), UBA-Conicet

Ozono en el aire

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea la Tierra, compuesta por una mezcla de gases y pequeñas partículas que reaccionan entre sí. Los tres gases más abundantes que contiene son nitrógeno, oxígeno y argón; constituyen el 99% de la atmósfera, cuya porción más baja se llama *tropósfera* y se extiende desde al suelo hasta unos 11km de altura, es decir hasta unos 3000m por encima de la cumbre del monte Everest. Su composición puede variar debido a cambios en la concentración de alguno de sus componentes o por la introducción de sustancias nuevas. Cuando dicha alteración es muy importante y genera un riesgo para la salud de los seres vivos, hablamos de *contaminación atmosférica*.

La contaminación atmosférica puede ocurrir por procesos naturales, como erupciones volcánicas, o por la actividad humana, por ejemplo, por el uso de combustibles fósiles (carbón, gas natural, derivados del petróleo) para transporte, industria o generación eléctrica. Al respecto, se suele hablar de *contaminantes primarios* y *secundarios*. Entre los primarios, que son aquellos emitidos directamente a la atmósfera por la actividad contaminante, están los óxidos de carbono y de nitrógeno. De los secundarios, que se forman en la atmósfera a partir de reacciones que ocurren entre los primarios, algunos ejemplos son los ácidos sulfúrico y nítrico. Otro ejemplo es el ozono (O_3), una variante del oxígeno, que también se forma en ciertos procesos naturales y cuya molécula está constituida por tres átomos, mientras que la de oxígeno (O_2) está compuesta por dos.

Aumento del ozono en la tropósfera

A partir de la segunda mitad del siglo XX, las concentraciones de ozono en la baja atmósfera aumentaron entre

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Una amenaza para la producción de alimentos?

Cámaras montadas en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la UBA para estudiar el efecto de contaminantes de la atmósfera en plantas. Como se aprecia, son recintos cilíndricos constituidos por un marco de aluminio y paredes de plástico que dejan pasar la luz pero no el aire. Este se hace entrar por la base de la cámara, se le agrega el contaminante y se extrae por el techo. La concentración de gases dentro del recinto se controla constantemente tomando en forma automática muestras que analizan aparatos ubicados fuera de la cámara. Puertas de acceso permiten entrar y sacar plantas. El ozono para los experimentos se produce mediante descargas eléctricas, que lo forman a partir del O_2 del aire.

dos y cinco veces en las latitudes medias del hemisferio norte. El cambio se asocia con el aumento de las emisiones de gases (que en este contexto se llaman *gases precursores* del ozono) originadas en el crecimiento económico de los países industrializados, especialmente en Europa, Norteamérica y el este de Asia. Se estima que en la última región las emisiones de uno de dichos gases precursores, el óxido nítrico (NO), aumentaron desde 2001 a razón de 7% anual. En varias zonas del mundo, en que la concentración de ozono a principios del siglo XX oscilaba entre 10 y 20 partes por billón (ppb), en la actualidad supera las 40ppb.

El contenido de ozono en la tropósfera depende de la concentración de los contaminantes primarios que actúan como precursores y de la llegada de ozono desde las capas más altas de la atmósfera. También puede ser transportado por los vientos desde lugares contaminados a otros no contaminados, incluso de un continente a otro.

El ozono tiene una fuerte capacidad de alterar por oxidación la composición química de las estructuras celulares de los seres vivos, aun en bajas concentraciones. Por ello, su presencia en la tropósfera y cómo cambió en el tiempo resultan importantes. El mencionado valor de 40ppb se toma hoy como el límite sobre el cual el ozono puede, entre otras cosas, dañar el crecimiento de los cultivos.

Se calcula que hoy las pérdidas de rendimiento de cultivos de maíz, trigo y soja asociadas con el ozono alcanzan mundialmente valores de entre el 2% y el 15% de las cosechas. Se prevé que de ahora a 2020 el ozono de la tropósfera se incremente en 13ppb en Asia, lo cual podría reducir el rendimiento de la soja hasta 20% y el del poroto hasta 50%, si bien para el trigo y el arroz esas pérdidas podrían ser menores. Urge, pues, entender cómo podría modificarse la producción mundial y regional de alimentos si el ozono del aire continúa aumentando.

Para la Argentina, como para gran parte de América Central y del Sur, prácticamente no existen registros históricos de contaminación del aire, ni de emisión de gases precursores del ozono. En Córdoba y Salta se han observado síntomas de daño por ozono en soja y girasol, lo que sugiere que en determinados momentos del año el nivel del gas podría superar el mencionado umbral de daño.

El ozono y las plantas

El ozono ingresa en las plantas por los orificios de los tejidos superficiales de las hojas llamados *estomas*, que les permiten el intercambio gaseoso normal de la fotosíntesis y la transpiración. El ozono reacciona de forma instantánea con las estructuras celulares y provoca la formación de compuestos denominados *especies reactivas de oxígeno* (o ROS, por su sigla en inglés) las cuales, si llegan al núcleo de las células, alteran la información genética y, por ende, los mecanismos de la planta que producen proteínas.

Las plantas contrarrestan estos efectos mediante la generación de compuestos antioxidantes, pero cuando la cantidad de especies reactivas es mayor que la que la planta puede neutralizar, se produce *estrés oxidativo*. En esas condiciones, las plantas reducen su tasa de fotosíntesis y, por lo tanto, su crecimiento, y suelen aparecer zonas

muertas en las hojas, enrollamiento de las puntas, menor calidad nutritiva y raíces de menor tamaño.

El ozono, además, afecta a organismos que se relacionan con las plantas. Durante la última década, los autores hemos investigado el efecto del ozono sobre las plagas y enfermedades de los cultivos, así como sobre hongos y bacterias benéficas para estos. Mediante cámaras de cultivo que permiten modificar la concentración de ozono del aire, analizamos los efectos directos e indirectos del ozono sobre pulgones, insectos muy abundantes que constituyen una de las principales plagas de los cultivos.

Los efectos directos son consecuencia de la exposición de los insectos al ozono, mientras que los indirectos ocurren debido a las modificaciones generadas por este en las plantas.

La distribución de los pulgones en una planta y entre plantas vecinas depende de la mayor o menor calidad nutricional de ellas y de la presencia de enemigos naturales. En la naturaleza esos insectos normalmente viven y se multiplican en lugares con vegetación variada (que llamamos hábitats fragmentados). Si la vegetación de un lugar cambia en un sentido que no les resulta propicio, la tasa de crecimiento de su población disminuye. En un

Arriba. Hojas de papa con daño moderado. Foto Danica Lombardozzi, National Center for Atmospheric Research.
Abajo. Una colonia de pulgones de cereal de la especie *Rhopalosiphum padi* en plantas de raigrás anual (*Lolium multiflorum*), de las que se alimentan succionando savia con sus estiletes bucales.

hábitat continuo con plantas que les brindan buena nutrición, como son muchos campos cultivados, las poblaciones de insectos crecen rápidamente, al punto que con frecuencia se producen epidemias, lo cual reduce el crecimiento de los cultivos.

En nuestros experimentos, en los que simulamos hábitats con distintas concentraciones de ozono y de pulgones, encontramos que a mayor concentración del gas, menor dispersión de los insectos. Esto permitiría predecir que el aumento de la contaminación del aire por ozono disminuiría el daño ocasionado por los pulgones y por las enfermedades virales que transmiten con su saliva.

La exposición de las plantas al ataque de herbívoros (o *herbivoría*), que constituye para ellas un factor de estrés, modifica su comportamiento ante la acción posterior de otro agente estresante. Esta sensibilización se conoce como *respuesta inducida*, y frecuentemente implica la producción de especies reactivas de oxígeno por las plantas, activada por la saliva de los herbívoros. Esas especies a su vez provocan la generación de hormonas que defienden a las plantas de los propios insectos y de antioxidantes que, si bien neutralizan las especies reactivas, pueden disminuir las defensas de las plantas ante nuevos ataques de insectos.

Estas respuestas no solo se activan ante el ataque de insectos sino, también, ante la exposición a concentraciones elevadas de ozono. En otras palabras, esta exposición puede, por así decirlo, confundir a la planta y llevarla a generar respuestas defensivas contra los herbívoros.

En un estudio acerca de las respuestas al ozono y a bacterias causantes de enfermedades en plantas de tomate encontramos dos resultados interesantes. Por un lado, las variedades de tomate genéticamente más sensibles al ozono resultaron menos sensibles a dichas bacterias, y viceversa. Pero cuando expusimos plantas de tomate a concentraciones elevadas de ozono y luego las infectamos con las bacterias, constatamos que las variedades genéticamente más sensibles al ozono enfermaron más que las genéticamente menos sensibles al gas. Es decir, las plantas más tolerantes al ozono tienen también mayor capacidad de tolerar las enfermedades en un ambiente con concentraciones elevadas del gas.

Por su parte, las plantas establecen relaciones estrechas, denominadas simbiosis, con hongos y bacterias que no las enferman sino que favorecen su crecimiento. Hemos observado que plantas de soja que obtienen nitrógeno de la atmósfera mediante relaciones simbióticas con bacterias del género *Rhizobium* reducen la cantidad de nitrógeno así obtenido y fijado en sus tejidos cuando son expuestas a concentraciones elevadas de ozono.

De la misma manera, el ozono puede afectar las simbiosis benéficas de las plantas con hongos. Es el caso de los hongos que se establecen en las raíces del poroto o del trigo y que favorecen la absorción de nutrientes por

Izquierda. Pulgones (possiblemente *Uroleucon sp.*) sobre un tallo de vara de oro (*Solidago sp.*), planta americana con vistosas flores amarillas. **Derecha.** El daño causado por el ozono se advierte inicialmente por el punteado en la parte izquierda de esta hoja de poroto. Las manchas amarronadas con bordes amarillentos en el centro y la parte superior de la foto indican daños más severos. Foto Danica Lombardozzi, National Center for Atmospheric Research.

NIEBLA FOTOQUÍMICA

La niebla fotoquímica, normalmente conocida como *smog fotoquímico*, que lleva varias décadas originando problemas respiratorios a los habitantes de distintos países, puede producir también daños graves a las plantas. El ozono es su componente más importante. Para su formación en la atmósfera son esenciales elevadas temperaturas del aire y radiación intensa.

El ozono es una molécula muy inestable que se forma y se destruye en un ciclo de reacciones que incluyen óxidos de nitrógeno. Ese ciclo se inicia con la rotura de las moléculas de dióxido de nitrógeno (NO_2) atmosférico por efecto de la radiación solar, una reacción que da lugar a óxido nítrico (NO) y un átomo de oxígeno, y se escribe en símbolos así:

$$NO_2 \rightarrow NO + O$$

De inmediato, el átomo de oxígeno se combina con el oxígeno molecular del aire (O_2) y origina una molécula de ozono:

$$O_2 + O \rightarrow O_3$$

Pero el ozono es muy inestable y, en presencia de óxido nítrico (NO), rápidamente reconstituye el dióxido de nitrógeno (NO_2) y libera oxígeno molecular:

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

Así se establece un equilibrio entre la formación y destrucción de ozono, y su concentración se mantiene constante. Pero alrededor de los centros urbanos, los motores de automóviles y la actividad fabril producen un aumento significativo del NO en la atmósfera, a la que además agregan hidrocarburos volátiles, conocidos como *compuestos orgánicos volátiles* (VOC, por su sigla en inglés). La oxidación de los últimos genera compuestos químicos conocidos como *radicales libres*, capaces de convertir NO en dióxido de nitrógeno (NO_2) sin que se rompa la molécula de ozono (O_3). Como resultado, esos compuestos orgánicos volátiles obstaculizan la desintegración natural del ozono descripta, lo que desemboca en elevadas concentraciones locales de ozono.

Las medidas para reducir la incidencia y gravedad del ozono pueden tener un efecto opuesto al esperado si no se conoce su proceso de formación y destrucción. En entornos urbanos contaminados, el NO emitido por fábricas o automóviles puede combinarse de inmediato con el ozono, lo que reduce la concentración de este en la atmósfera, pero esa concentración puede incrementarse con la emisión a la atmósfera de los citados compuestos orgánicos volátiles. Es decir, una reducción de las emisiones de los óxidos de nitrógeno (NO y NO_2, genéricamente simbolizados por NO_x) puede dar lugar a un aumento de las concentraciones de ozono en las ciudades si no se controla también las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

Plantas de trébol (*Trifolium repens*) que fueron expuestas a ozono y, como consecuencia, sufrieron la muerte de tejidos, como lo indican las manchas blancas que se advierten en las hojas.

ellas, particularmente de fósforo. En nuestros experimentos encontramos que la exposición de esas plantas al ozono reduce el beneficio de esta simbiosis.

Hay otros hongos benéficos que se alojan en los órganos aéreos de algunas gramíneas y les confieren mayor tolerancia al estrés producido por insectos herbívoros o por sequía. Encontramos una menor susceptibilidad al ozono en las plantas con esos hongos, pero su exposición a concentraciones elevadas del gas reduce la supervivencia del hongo en sus semillas. Observamos que si bien el ozono aumenta la acumulación de antioxidantes en sus semillas libres del hongo y les confiere mayor longevidad, esto no ocurre en las semillas que contienen el hongo. De manera análoga, hemos comprobado que la mayor tolerancia del estrés causado por ataques de insectos herbívoros conferido por la presencia del hongo queda debilitada cuando las plantas crecen bajo concentraciones elevadas de ozono.

En resumen, el aumento de concentración de ozono en la tropósfera no solo genera efectos adversos directos en las plantas sino, también, conlleva consecuencias, dañinas o benéficas según el caso, en los distintos tipos de organismos que interactúan con ellas.

Perspectivas futuras

En la mayoría de los países europeos, la concentración máxima de ozono establecida como límite para la protección de la salud humana, la vegetación y los ecosistemas (alrededor de 40ppb) resulta superada con frecuencia, lo que causa unos 700 ingresos anuales de personas en los hospitales. Aproximadamente 330 millones de europeos podrían estar expuestos, por lo menos una vez por año, a un episodio en el que la concentración de ozono supera ese límite. La tendencia en otras regiones del mundo, incluidas Asia y las Américas, donde las emisiones de los más importantes gases precursores de ozono han aumentado en forma sostenida, no es muy distinta.

El logro del objetivo de no exceder el nivel máximo indicado de ozono exige limitar el crecimiento de las emisiones de los gases precursores no solo en el hemisferio norte, sino en todo el planeta. Hacerlo, sin embargo, es difícil y hasta en algunos casos imposible. Se ha estimado que si se cumplieran los objetivos para control de emisiones de óxidos de nitrógeno establecidos por convenios internacionales, las concentraciones máximas de ozono se reducirían entre 5% y 10%. Es decir, la acción del ozono sobre la producción de alimentos tiene que ser considerada como un componente importante del cambio global, especialmente en regiones con rápido crecimiento económico. Pero nuestro conocimiento de esa acción y sus consecuencias en dichas regiones es muy limitado.

Debido a que los episodios de alta concentración de ozono probablemente también acontecen en la Argentina, es importante realizar mediciones sistemáticas de esa concentración en áreas cercanas a las grandes urbes a las que lo puedan llevar los vientos prevalentes, para evaluar en qué medida esa contaminación puede actuar sobre los cultivos y dar resultados perjudiciales o benéficos según sean las múltiples interacciones que establecen entre ellos y con otros factores físicos del ambiente.

La ciencia tiene el cometido esencial de encontrar respuestas a las numerosas incógnitas planteadas. Los esfuerzos por producir o seleccionar cultivares tolerantes a plagas, enfermedades y sequías necesita extenderse a la tolerancia a mayores concentraciones de ozono. También es necesario que la ciencia considere los efectos del ozono sobre la salud humana. Por su lado, la sociedad necesita que el control de la contaminación atmosférica con ozono se incorpore al marco regulatorio del país respectivo, y que esto se haga en conocimiento de que el cambio climático hará más difícil tomar medidas que reduzcan esa contaminación, debido a que las condiciones meteorológicas serán cada vez más propicias a su formación en la atmósfera. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2016, *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States. A scientific assessment*, US Global Change Research Program. accesible en *https://health2016.globalchange.gov/*.

MARSHALL F, ASHMORE M & HINCHCLIFFE F, 1997, *A Hidden Threat to Food Production. Air pollution and agriculture in the developing world*, International Institute for Environment and Development, Sustainable Agriculture and Rural Livelihoods Programme.

María Alejandra Martínez-Ghersa

Doctora en ciencias ambientales, Oregon State University.
Profesora adjunta, UBA.
Investigadora independiente del Conicet en el IFEVA.
martinez@agro.uba.ar

Analía I Menéndez

Doctora en ciencias agropecuarias, UBA.
Jefa de trabajos prácticos, UBA.
analiam@agro.uba.ar

Pedro E Gundel

Doctor en ciencias agropecuarias, UBA.
Jefe de trabajos prácticos, UBA.
Investigador adjunto del Conicet en el IFEVA.
gundel@agro.uba.ar

Hugo Daniel Chludil
Facultad de Agronomía, UBA

Compuestos aleloquímicos

Metabolismo primario y secundario

Las plantas, igual que animales, hongos, algas y bacterias, experimentan procesos fisicoquímicos –llamados procesos metabólicos, consistentes en una sucesión de pasos que conforman *rutas metabólicas*–, como la producción o síntesis de proteínas y la respiración, que son indispensables para la vida. Entre esos procesos está la fotosíntesis, propia de plantas, algas y ciertas bacterias, que no solo es fundamental para sus propias vidas sino, también, para la de todos los seres del planeta. El conjunto de funciones metabólicas fundamentales se denomina *metabolismo primario*, cuyos productos o *metabolitos* son esencialmente, en términos químicos, ácidos nucleicos, proteínas, carbohidratos y lípidos o grasas. Los seres vivos también poseen otras rutas metabólicas, por las que sintetizan *metabolitos secundarios*, así denominados por el bioquímico alemán Albrecht Kossel (1853-1927), premio Nobel de medicina en 1910. Este artículo se refiere a los metabolitos secundarios de las plantas, en las que lograron gran diversidad de estructuras químicas.

Una razón del interés actual por el estudio de los metabolitos secundarios en plantas es que forman parte de sus mecanismos de defensa contra el ataque de herbívoros y contra enfermedades, es decir, protegen a las plantas y aseguran la biodiversidad vegetal, lo cual no solo opera en el medio silvestre sino, también, en los ecosistemas agrícolas, y puede, en consecuencia, aprovecharse para sustituir con productos naturales insecticidas y herbicidas industriales. Además, dado que determinados metabolitos están presentes solo en algunas familias, géneros o especies de plantas, constituyen útiles herramientas de la taxonomía moderna.

Alelopatía y compuestos aleloquímicos

El término *alelopatía* fue acuñado por el botánico Hans Molisch (1856-1937) para referirse a la acción de compuestos químicos liberados por una planta que tienen

¿DE QUÉ SE TRATA?

Compuestos producidos por plantas, algas, bacterias u hongos que influyen en el establecimiento y el equilibrio de sistemas biológicos o agrícolas.

efectos perjudiciales o benéficos sobre otras plantas, hongos o microorganismos. Esos metabolitos se denominan *compuestos aleloquímicos* (o, no muy correctamente en castellano, solo aleloquímicos) y sus efectos, *alelopatía*. Ciertos autores extienden el concepto a las interacciones de las plantas con insectos y herbívoros. La Asociación Internacional de Alelopatía, creada a mediados de la década de 1990, la define como 'cualquier proceso que incluya metabolitos secundarios producidos por plantas, algas, bacterias u hongos que influya en el crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos o agrícolas'.

La alelopatía es un fenómeno complejo. Depende de variables como la forma en que la planta libera al medio el compuesto aleloquímico, la estructura química de este, su estabilidad en el ambiente en el que se dispersa y el modo en que afecta a otros organismos.

En las interacciones entre plantas se puede distinguir la alelopatía de la competencia. Por la última, una planta reduce la disponibilidad para otra de algún recurso común a ambas, como agua, nutrientes o luz. La alelopatía, en cambio, implica que una libera sustancias químicas que afectan el desarrollo de la otra. En términos más generales, se habla de interferencia para designar la acción de una planta sobre otra. Además de la competencia y la alelopatía, la interferencia incluye el parasitismo, por el cual el parásito vive a expensas del huésped, y la simbiosis, que produce efectos recíprocos generalmente benéficos para ambos participantes. Es decir, la interferencia, sea entre individuos de la misma especie (intraespecífica) o de diferentes especies (interespecífica), puede generar efectos positivos o negativos. La simbiosis es una interferencia interespecífica positiva, mientras que la intoxicación por sustancias producidas por plantas de la misma especie o autotoxicidad es intraespecífica negativa.

Los compuestos aleloquímicos son liberados al ambiente por distintas vías. Algunos por volatilización desde diferentes órganos de la planta, otros disueltos en el agua de lluvia que cae sobre sus tallos y hojas (técnicamente, por lixiviación), muchos por exudación de los tejidos de las raíces y finalmente están los que llegan al medio por la acción microbiana que descompone los tejidos vegetales cuando estos caen al suelo.

Principales compuestos aleloquímicos

La mayoría de los compuestos aleloquímicos derivan de rutas metabólicas del metabolismo secundario. De ellas provienen los ácidos benzoico y cinámico y sus derivados, ácidos orgánicos, alcaloides, alcoholes y aldehídos alifáticos, cumarinas, derivados de quinonas, esteroides, fenoles simples, flavonoides, floroglucinol, glucosinolatos, poliacetilenos, sulfuros orgánicos, taninos y terpenos, que están entre los principales tipos de moléculas alelopáticas. Las concentraciones de estas sustancias en los tejidos de la planta que las genera varían según el ritmo al que las produce, almacena y degrada, ritmos sobre los que influyen factores internos como los reguladores del crecimiento vegetal, y diversos factores bióticos y abióticos del ambiente.

Vellosilla (*Hieracium pilosella*).

Alfalfa (*Medicago sativa*).

Laurel (*Nerium oleander*).

Las plantas sintetizan y almacenan muchos de esos compuestos en células especializadas, por ejemplo, algunos terpenos en formaciones epidérmicas llamadas tricomas, o en pelos glandulares, o los glucosinolatos en estructuras de sus células denominadas vacuolas. Ya sea en forma libre o como ésteres o glicósidos, las plantas sintetizan metabolitos secundarios como respuesta a situaciones de estrés por causas bióticas, como el ataque de insectos, herbívoros o microorganismos, o abióticas, como la radiación ultravioleta, las temperaturas extremas o la falta de agua.

Los compuestos aleloquímicos pueden tener características tóxicas para las plantas que los producen, que en ese caso también están dotadas de formas de almacenamiento y diseminación que no las afectan. Muchas veces se acumulan en la planta en una forma inactiva, que se transforma en activa a su liberación como defensa química. Tal es el caso de los glucosinolatos de brócoli, repollo y coliflor, que se descomponen por acción enzimática y liberan al ambiente ácido cianhídrico, isotiocianatos y otros compuestos volátiles de naturaleza tóxica.

Paraíso (*Melia azedarach*).

Fenoles y polifenoles

De todos los metabolitos secundarios, los derivados fenólicos y los polifenoles son los más frecuentes y quizá

Lupinos (*Lupinus sp.*).

Senecio (*Senecio megacephalus*).

Trompetas del juicio (*Datura arborea*).

los más diversos. Resultan liberados al medio por exudación de las raíces y por descomposición en el suelo de tejidos vegetales. A este grupo pertenecen los ácidos benzoico, *p*-cumárico, cafeico, ferúlico, vanílico y clorogénico. El último, igual que algunos compuestos que le están relacionados, son los responsables del potencial alelopático y antioxidante de las hojas de batata o de yerba mate.

Los ácidos fenólicos y los ácidos hidroxámicos son responsables de la actividad alelopática de los restos del trigo y otros cereales que quedan en el suelo y ocasionan en otras plantas desbalances hormonales, alteraciones en la permeabilidad de las membranas y diversos daños irreparables.

Las cumarinas, entre ellas la umbeliferona, son derivados del ácido *p*-cumárico y están presentes en varias familias de plantas, por ejemplo, algunas malezas. Suelen ser exudadas desde las raíces o arrastradas por el agua de lluvia que moja sus tallos y hojas, e inhiben la germinación y el desarrollo de las plántulas vecinas. Ciertas malezas patagónicas, como la vellosilla (*Hieracium pilosela*), se pueden transformar en verdaderos problemas, pues invaden áreas de pastoreo y disminuyen la presencia de las especies forrajeras naturales.

La juglona es una sustancia tóxica que los nogales (*Juglans regia*) liberan al suelo. Es soluble en agua, responsable del color pardo del nogal y sumamente tóxica para algunas plantas. En el siglo I Plinio registró que ciertas plantas no crecían debajo de nogales, y que las personas que solían descansar en su sombra padecían dolores de cabeza. La sorgoleona, otra quinona liberada al medio por el sorgo, interfiere en procesos como la fotosíntesis y la respiración celular, y actúa como herbicida.

Los flavonoides son compuestos muy frecuentes en vegetales. Las antocianinas, que son flavonoides, se destacan porque su presencia produce una coloración roja, violácea o anaranjada en muchas flores y frutos. El flavonoide rutina incrementa la mortandad de larvas de mariposas del género *Spodoptera* que atacan plantas de tabaco o algodón. Sustancias como miricetina o kaemferol, presentes en leguminosas, repelen el ataque de nematodos, que son gusanos del suelo.

Algunos flavonoides poseen efectos positivos, pues actúan como señales químicas en las relaciones simbióticas entre plantas y bacterias del suelo durante los procesos de fijación de nitrógeno. La naringenina estimula la colonización de las raíces del trigo por bacterias del género *Azorhizobium*, y la luteolina las de alfalfa por bacterias *Rhizobium*. Durante estos procesos las raíces liberan señales químicas que atraen las bacterias y estas producen sustancias que promueven la formación de nódulos en las raíces en las que se alojan.

Daidzeina y genisteina, así como sus glicósidos, son isoflavonoides presentes en la soja que cambian su concentración en la planta ante ataques por larvas de mari-

posas del género *Anticarsia* y de algunas especies de chinches, plagas ambas muy significativas en el cultivo de soja. Las dos sustancias, conocidas como isoflavonas, se adquieren en las farmacias para paliar algunos síntomas de la menopausia femenina.

Las plantas maduras de alfalfa producen medicarpina y sus restos en descomposición la liberan en cantidades mayores que las tolerables por plantas jóvenes. Mediante esta autotoxicidad la alfalfa regula la competencia por recursos, si bien excluye individuos de la misma especie.

Terpenoides

Otro grupo importante de metabolitos secundarios está constituido por los terpenoides o isoprenoides, que se clasifican, según el número de unidades de isopreno que los componen, en monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos, tetraterpenos y politerpenos. Los hay antibacterianos, antisépticos, antifúngicos, antioxidantes, antiparasitarios, insecticidas y repelentes. Entre los monoterpenos se destacan los piretroides, presentes en los crisantemos, o los constituyentes de aceites esenciales y resinas de las plantas. De estos se puede citar el alcanfor, el limoneno y el eucaliptol, que se encuentran en salvia, eucaliptus, artemisias y pino. Generalmente los sintetizan plantas que crecen en zonas áridas y semiáridas con grandes amplitudes térmicas diarias.

Los aceites esenciales contienen algunos sesquiterpenos, como el cariofileno, presente en muchas plantas aromáticas, entre ellas el romero; algunas variedades de maíz lo emiten cuando son atacadas por escarabajos, ya que atrae a nematodos que infectan y matan a los insectos. La artemisinina, producida por plantas del género *Artemisia*, posee propiedades insecticidas y antiparasitarias, además de usarse para tratar la malaria.

El árbol del paraíso (*Melia azedarach*) tiene azadiractina en sus hojas y frutos, un insecticida que constituye el principio activo de preparados caseros realizados con esos frutos para aplicar en huertas y jardines domésticos.

Compuestos nitrogenados

Son metabolitos secundarios con varios átomos de nitrógeno en su estructura química. Incluyen alcaloides, glicósidos cianogénicos, glucosinolatos y aminoácidos no proteicos.

Los alcaloides son sustancias tóxicas de sabor amargo que muchas plantas concentran en sus hojas con fines defensivos, por ejemplo, el lupino (género *Lupinus*), que aumenta la concentración de lupanina en ellas y en sus granos cuando es atacado por insectos. También evita o retrasa la germinación de trigo, cebada y arroz. La nicotina está presente en las hojas de tabaco y sus extractos acuosos se usan para controlar insectos y plagas de in-

Caléndula (*Calendula officinalis*).

Lavanda (*Lavandula officinalis*).

Ajo (*Allium sativum*).

Menta (*Mentha spicata*).

vernáculos y jardines. La gramina es un alcaloide de la cebada con fuerte actividad alelopática sobre otros cereales y pastos.

Algunas malezas como las del género *Senecio* y el chamico (género *Datura*) poseen alcaloides muy tóxicos para mamíferos: cuando invaden pastizales, comprometen seriamente las economías de zonas de pastoreo. Los glicósidos cianogénicos o cianogenéticos del laurel de jardín (*Nerium oleander*) y los glucosinolatos presentes en crucíferas (familia *Cruciferae*) no son, en sí mismos, tóxicos, pero se convierten en tales cuando un herbívoro come la planta, pues se produce ácido cianhídrico, un potente inhibidor de la respiración celular, y otras sustancias muy venenosas. Los glucosinolatos dan su sabor picante a la mostaza y los rabanitos.

Compuestos orgánicos azufrados y sulfuros orgánicos

Encontramos los más característicos en ajo y cebolla, entre ellos aliina y otros sulfuros orgánicos que se liberan por volatilización y originan productos muy activos como alicina y ajoeno, empleados para controlar plagas de áfidos, pulgones y chinches. Poseen también actividad sobre nematodos y algunos hongos del suelo.

A modo de conclusión

El conocimiento de los efectos de la alelopatía en las interacciones entre plantas, lo mismo que entre estas con herbívoros y microorganismos, es valioso para determinar las causas del éxito o del fracaso en el establecimiento y la persistencia de ciertas especies en un agroecosistema. La adopción de prácticas agrícolas sustentables y la selección de especies con potencial alelopático permiten disminuir la aplicación de fertilizantes y herbicidas industriales. Asimismo, conocer las interacciones entre las plantas, lo mismo que las defensas que estas poseen contra insectos y herbívoros, puede ser de utilidad para organizar una huerta o un jardín. La identificación de los principios activos de las plantas alelopáticas y su utilización en la elaboración de preparados y extractos botánicos son alternativas promisorias para hacer uso racional de los recursos naturales. CH

Plantas usadas como pesticidas caseros y los metabolitos secundarios por los que tienen esa propiedad	
Ajenjo (*Artemisia absinthium*). Posee eucaliptol y tuyona. La infusión de sus hojas controla babosas en los cultivos y las pulgas de animales.	Ortiga (*Urtica sp.*). Entre sus componentes se destacan serotonina, histamina y filosterina. Acelera la descomposición de la materia orgánica para la formación del compost. Controla orugas y pulgones.
Ajo (*Allium sativum*). Libera allicina, sustancia que da el olor penetrante del ajo. Se usa contra piojos y larvas de insectos plaga. Posee también actividad antifúngica.	Poleo (*Mentha pulegium*). Las hojas trituradas y secas son efectivas contra las garrapatas de animales domésticos. Se aplica espolvoreando la piel del animal y los lugares donde descansa, o preparando una infusión para lavarlos. Ahuyenta también las hormigas.
Albahaca (*Ocimun basilicum*). Contiene linalol, estragol, eucaliptol. Repele la mosca blanca, controla polillas, áfidos, ácaros y moscas.	
Artemisa (*Artemisia sp.*). Posee eucaliptol, alcanfor y artemisinina. Es tóxica para animales y en los bordes de lotes plantados para restringir el acceso de insectos rastreros.	Romero (*Rosmarinus officinalis*). Es una planta melífera que atrae insectos beneficiosos. Las hojas se utilizan bajo la forma de tinturas como repelente de pulgas y garrapatas.
Caléndula (*Calendula officinalis*). Posee calendulina y controla nematodos y moscas blancas si se la siembra intercalada con hierbabuena (*Mentha viridis*).	Ruda (*Ruta graveolens*). Posee rutina, inulina. Su fuerte olor atrae moscas y polillas negras, lo cual reduce daños de cultivos.
Falsa acacia (*Robinia seudoacacia*). Se trata de un árbol de flores tremendamente melíferas. Las hojas machacadas y mezcladas con azúcar atraen y matan a las moscas.	Salvia (*Salvia officinalis*). Es una planta melífera que posee borneol, cineol y tuyona. Repele moscas blancas, pulgas e insectos voladores.
Hisopo (*Hisopus officinalis*). Igual que otras plantas aromáticas, ahuyenta orugas, pulgones y caracoles.	Toronjil (*Melissa officinalis*). Su principio activo es el linalol. Repele pulgas, polillas y áfidos.
Lavanda (*Lavandula officinalis*). Sus flores ahuyentan polillas y es una planta melífera que atrae insectos benéficos.	Tagetes (*Tagetes patula*). Es tóxica para las larvas de mosquitos. Controla nematodos, por lo que se cultiva en proximidad a plantas susceptibles como tomates y perejil.
Menta (*Mentha spicata*). Posee mentol, felandreno y menteno, y controla hormigas.	Yerbabuena (*Mentha piperita*). Posee mentol y eucaliptol. Controla insectos chupadores como piojos, pulgones y áfidos en frutales.

LECTURAS SUGERIDAS

FERNÁNDEZ L, 2005, 'La fijación simbiótica de nitrógeno en soja', Ciencia Hoy, 85: 34-39.

LEICACH S, 2005, 'Alelopatía. Estrategias defensivas de los vegetales', Ciencia Hoy, 89: 30-38.

LEICACH S, 2006, *Alelopatía. Interacciones químicas en la comunicación y defensa de plantas*, Eudeba, Buenos Aires.

ZAVALA J, 2010, 'Respuestas inmunológicas de las plantas frente al ataque de insectos', Ciencia Hoy, 117: 53-59.

Hugo Daniel Chludil

Doctor en farmacia, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

Profesor adjunto, FAUBA.

chludil@agro.uba.ar

¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?

1visitá

Nex Ciencia en: http://nexciencia.exactas.uba.ar

2sumate

a http://www.facebook.com/NEXciencia para recibir todas las novedades

3seguinos

por Twitter a través de @nex_ciencia

nexciencia.exactas.uba.ar

El servicio de información científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Realizada por
Federico Coluccio Leskow,
Cristina Damborenea,
Roy Hora y José Martini

Entrevista a Alejandro Ceccatto, presidente del Conicet

CH. Para empezar por una pregunta muy general, ¿cómo ve la acción del Conicet hoy?

AC. El Conicet experimentó un crecimiento muy vigoroso en los últimos doce a catorce años, que lo llevó de aproximadamente nueve mil personas en 2003 a las veinticinco mil que tiene hoy, es decir, triplicó su tamaño. Este es un crecimiento difícilmente repetible. Es hoy el organismo más grande del Estado nacional, exceptuadas las fuerzas armadas y de seguridad. La magnitud de los recursos que recibe de la sociedad le crea una doble responsabilidad. Además de la de siempre, que es mantener los estándares de calidad científica que históricamente lo han caracterizado, entiendo que debe encontrar cómo devolver a la sociedad en beneficios tangibles ese gran esfuerzo económico que ella está haciendo. Su tamaño actual entre los organismos del Estado es un signo de que la sociedad requiere hoy algo más que excelsa calidad científica evidenciada por artículos publicados en las más prestigiosas revistas de circulación internacional.

CH. ¿Y cómo sabemos qué requiere la sociedad?

AC. Sin pretender arrogarnos la representación de la sociedad, lo deducimos por muchos indicadores. Por ejemplo, de constatar las repercusiones en la estabilidad de la economía de las oscilaciones en los precios internacionales de las materias primas. La soja, por ejemplo, pasó de valer 600 dólares la tonelada a valer 300. Oscilaciones como esa constituyen un obstáculo a planificar a largo plazo tanto para las personas como para las empresas. La comunidad científica local viene repitiendo en las últimas décadas, creo que con acierto, que la ciencia y la tecnología deben ser apoyadas porque proporcionan el mejor camino hacia un país desarrollado, moderno y con una equilibrada distribución del ingreso. Ahora que recibió el reclamado apoyo, le llegó el momento de demostrar cómo puede, efectivamente, contribuir al desarrollo del país.

CH. No hace mucho, *La Recherche*, una revista francesa de divulgación científica, sostuvo que en Francia el tamaño del organismo equivalente del Conicet, el CNRS, que también creció, si bien lo había hecho en número de investigadores, lo había hecho mucho más en su estructura burocrática.

AC. Ese no fue para nada nuestro caso. En 2003 el Conicet tenía en números redondos poco más de 3000 inves-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Como ya es tradición, Ciencia Hoy procura hacer conocer al público las ideas de quienes conducen el organismo rector de la investigación científica en la Argentina.

tigadores; hoy tiene 10.000. Tenía entonces aproximadamente 2500 técnicos y profesionales de apoyo; hoy tiene 2600 (lo que significa que ese grupo quedó marginado del crecimiento, en lo que puede haber un problema). Y si entonces teníamos unos 2000 becarios, hoy pasamos los 10.000 entre doctorales y posdoctorales. Los empleados administrativos, que rondaban los 400, ahora están en el orden de los 1600. Es decir, los responsables de que tengamos la necesaria burocracia aumentaron por un factor 4, igual que la suma de investigadores y becarios, lo que no indica una desproporción entre las cifras, aunque tampoco muestra que hayamos aprovechado economías de escala o tecnológicas.

Posiblemente esto último se explique porque en el período al que me estoy refiriendo la institución implantó una activa política de descentralización por la que tareas administrativas que antes se cumplían solo en Buenos Aires hoy se realizan en muchos lugares del país, lo que requiere más administradores pero incrementa la calidad del servicio que estos brindan por su contacto directo con los investigadores y becarios.

CH. De todos modos, tan rápido crecimiento ¿no significa una pérdida de calidad? ¿Cómo se armoniza calidad y cantidad?

AC. Es algo que se debe cuidar y en lo que inciden muchos factores. En 1980, cuando yo ingresé como becario, hubo 16 becas para físicos y fuimos 96 postulantes. Entró uno por cada seis. Hoy está ingresando uno de cada dos o tres postulantes. De esto se puede deducir que no crecieron las vocaciones científicas al mismo ritmo que la oferta de becas o, dicho de otro modo, que el universo del cual se seleccionan los postulantes no creció al mismo ritmo que las becas disponibles.

CH. ¿Habrá que promover la expansión de ese universo convenciendo a posibles postulantes? ¿O quizá no hacer crecer tanto el sistema?

AC. No se puede fomentar la aparición en poco tiempo de más vocaciones científicas que las que razonablemente produce una cultura o una sociedad, pero se puede procurar crear las condiciones para alcanzar ese estado de cosas después de cierto tiempo. La realidad es que las vocaciones científicas son escasas en el mundo, no solamente en la Argentina. Lo son incluso en países de alto desarrollo científico y tecnológico, que pueden absorber laboralmente y hasta necesitan muchas personas con esa clase de formación. Pero hoy los jóvenes no necesariamente vislumbran una carrera científica como el camino más atractivo para progresar en la vida, como sí lo vislumbrábamos los integrantes de mi generación.

CH. Acerca de despertar vocaciones, como investigadores que publicamos una revista de divulgación científica estamos convencidos de la importancia de explicar la ciencia el público. ¿Cuál es su postura sobre la divulgación realizada por científicos?

AC. Creo que es fundamental por dos razones: una, justamente, para despertar vocaciones, dado que el mundo en general y el país en particular necesitan personas dedicadas a la ciencia y la tecnología, y la otra –tan importante como la anterior–, para la alfabetización científica de la sociedad. Un ciudadano de una democracia moderna no puede desempeñarse adecuadamente como tal si no comprende conceptos científicos básicos y el significado de las nuevas tecnologías sobre las que la sociedad debe tomar decisiones. Si no está medianamente informado como para votar racionalmente, terminará adhiriendo a los fundamentalismos que suelen terciar en debates, como los relacionados con el cambio climático o los organismos genéticamente modificados.

CH. Acerca de la falta de vocaciones científicas, ¿cree usted que es desinterés general por el estudio o por determinado tipo de estudio? Porque hay sectores de la universidad en los que los aspirantes a ingresar son legión, como psicología, diseño, administración, etcétera.

AC. Posiblemente suceda que perdió aceptación concebir la ciencia solo como la manera de satisfacer la curiosidad sobre las características y el funcionamiento del mundo material y social, y ganó espacio el interés por las aplicaciones de la ciencia. Es cierto que una cosa no excluye

la otra. Se dice que Galileo perfeccionó el telescopio inventado en Holanda por su interés en estudiar las fases de Venus, entre otras cuestiones astronómicas, pero no bien lo tuvo listo se lo ofreció al dogo de Venecia para vigilar la llegada de barcos enemigos.

CH. Parecería que a la cadena de acciones de promoción de la ciencia en la Argentina le falta un eslabón, que es promover la investigación tecnológica realizada en las empresas. A fines de la década de 1970, un informe que pidió el presidente de Francia sobre las ciencias biológicas a tres destacadas figuras de esas disciplinas (entre ellas el premio Nobel François Jakob), sostuvo que en ese país se avecinaba 'una concepción más utilitaria de la ciencia, más directamente dirigida al estudio de problemas de interés de la sociedad, sus recursos y su economía' (véase página 51). Y también sostuvo que los científicos académicos necesitan el estímulo de las preguntas que se plantean los tecnólogos que están en las trincheras de las aplicaciones. Parecería que usted tiene una visión de este tipo de la ciencia a promover en la Argentina en la primera mitad el siglo XXI.

AC. Creo que, efectivamente, falta una conexión entre la producción de conocimiento y su uso para llegar a un producto o proceso innovador en el mercado. Por un lado, en las empresas, sobre todo en las pequeñas y medianas, no hay por lo general interlocutores que hablen el lenguaje de los científicos, que puedan hacerles preguntas significativas y que estén en condiciones de sugerirles líneas de investigación a ser continuadas por las empresas. En ese sentido habría que ajustar el perfil de muchos doctorandos.

Por otro lado, en el sistema académico el eslabón faltante es adaptar los resultados o descubrimientos de laboratorio para que los pueda advertir, recoger y aplicar la industria en un contexto de viabilidad económica. Si se me permite una anécdota personal, en la década de 1990 participé en el diseño de un sistema de detección automática de semillas de malezas en muestras de semillas comerciales. Diseñamos la manera de identificar las semillas de cerca de trescientas especies de malezas agrícolas que pueden aparecer en la Argentina en las semillas comerciales. Una empresa estaba interesada en poner nuestro sistema en el mercado (cosa que luego no pudo cumplir por causas fortuitas), pero había una dificultad. Lo habíamos sobrediseñado en el laboratorio, con capacidades ópticas y electrónicas muy superiores a las realmente necesarias en una empresa, y consecuentemente con un costo excesivo para el mundo comercial. Hubiese sido necesario rediseñar el sistema para adaptarlo a las condiciones del mercado, cosa que a nuestro grupo no le interesaba hacer porque no había en ello desafío científico ni tecnológico y la empresa no tenía capacidad técnica para emprender.

Alejandro Ceccatto obtuvo la licenciatura en física en la Universidad Nacional de Rosario, ciudad de la que es oriundo, y el doctorado en la Universidad Nacional de La Plata. Es investigador principal en el Conicet y profesor titular en la UNR.

CH. ¿Cómo se relaciona esto con la formación de los doctores que mencionó?

AC. En los últimos tiempos, el Conicet mantuvo unos 9000 becarios doctorales más unos 2000 becarios posdoctorales, 11.000 en total. Con esas becas se doctoran unas 1500 personas por año, que, se supone, no tienen como único destino laboral posible ingresar en la carrera de investigador de nuestro organismo. Muchos deberían ir sea al sector empresario para aportarle tecnología, sea a organismos del Estado para mejorarles la gestión. Pero los doctores formados en la Argentina o en cualquier parte del mundo nunca fueron preparados para realizar esa clase de tareas. El mismo sistema de evaluación del progreso de los doctorandos conspira contra aprender a desempeñarse en tales contextos, porque apunta a que escriban tesis que se distingan por su originalidad conceptual y por el número de publicaciones en revistas internacionales a que dan lugar. Seguimos haciendo lo mismo año tras año, esperando cada vez obtener resultados distintos, algo que, según Albert Einstein, es la definición de la locura.

CH. Pero el objetivo de un doctorado no es producir publicaciones sino aprender a crear conocimiento. Las publicaciones son un indicador o una manera de medir si se aprendió. Tomarlas como objetivo es confundir el objetivo con su forma de medición.

AC. Exactamente. Creo que ahora estamos haciendo un esfuerzo por corregir estas deformaciones y por volver al sentido común.

CH. Volviendo al tema inicial de la situación presente del Conicet, ¿qué otras cosas cree importante que cambien y con qué cambios le gustaría que quede asociada su gestión?

AC. Hay unos índices que no van a cambiar en mi gestión, pero que me gustaría ponerlos en discusión e iniciar el proceso por el que lleguen a ser distintos en el futuro. De los 10.000 investigadores que hoy pertenecen a la carrera, 309, es decir el 3%, caen en jurisdicción de la Comisión de Tecnología, la que se creó hace doce años con la idea de disponer de un ámbito de evaluación más adecuado que las comisiones por disciplina para aquellos cuyo tema de investigación fuese tecnológico. Sin embargo, al cabo de doce años solamente el 3% de nuestros investigadores se reconoce como tecnólogo a tiempo completo, lo cual indica un desbalance en una institución que se llama Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Por otro lado, no alcanza al 18% la proporción de investigadores de carrera que *alguna vez* hizo otra cosa que publicar un artículo científico, por ejemplo, realizó tareas de asesoría, hizo transferencia tecnológica, publicó notas, artículos o algún un libro de divulgación, etcétera. Me gustaría que esos índices cambiaran y que ese cambio quedara asociado con mi gestión.

CH. En su visión de un Conicet con una mayor dimensión tecnológica, ¿qué lugar ocuparían las ciencias sociales y humanas?

AC. Yo nunca pensé que las ciencias sociales y las humanidades deban ser tratadas en forma diferente que las demás disciplinas. Creo que al hablar de tecnología en el contexto de fomentar la investigación y la creación de conocimiento aplicado, debemos interpretar la palabra en un sentido amplio, y que muchas áreas de las ciencias sociales tienen las características necesarias para ser consideradas tecnología, pero me parece que quienes cultivan esas disciplinas, si bien tienen claro que algunos persiguen un tipo de conocimiento que tiene aplicación directa a cuestiones sociales, encuentran sorprendente que se los pueda considerar tecnólogos, aunque con una definición amplia los podamos clasificar como tales.

CH. Lo que dice constituye una idea interesante y se puede hacer extensiva a otras disciplinas, como las biomédicas. Después de todo, la medicina y la veterinaria podrían ser vistas como tecnologías derivadas de la biología. Pero esto llevaría a pensar que los investigadores del Conicet hacen más tecnología que la expresada por los índices.

AC. Sin duda esto necesita ser debatido. La ciencia básica o, digamos, la investigación que busca esclarecer las cuestiones más fundamentales de la naturaleza es parte del ADN del Conicet y no creo que eso deba cambiar, ni que se pueda hacerlo; no aspiraría a que el Conicet sea 50% tecnología. Pero me gustaría una situación un poco más equilibrada, la que no parece que se alcanzaría apuntando a que, por ejemplo, el 30% de los investigadores se pasen a la Comisión de Tecnología. Eso no tendría sentido; es más, pienso que sería mejor eliminar esa comisión y que todos los investigadores vuelvan a ser evaluados integralmente por las comisiones disciplinares, en las que los evaluadores consideren todos los aspectos de la labor de un investigador, tanto científicos como tecnológicos.

Sin perjuicio de lo anterior, me parece que podría resultar productivo tener una comisión que se ocupe de las investigaciones difíciles de encuadrar en una disciplina porque están en la frontera de dos o más, o combinan enfoques de más de una, llamémosla una comisión de temas complejos.

A modo de reflexión final, creo que estoy planteando ajustes inevitables en una institución que debe irse adaptando a los cambios de la sociedad, es decir, debe realizar internamente la adaptación cultural que le permita mantener su relevancia en los tiempos que se vienen. Esto no depende de coyunturas vinculadas con un cambio de gobierno sino que constituye la consecuencia de una mirada hacia el largo plazo. CH

María Bagur
Gabriela Palomo
Museo Argentino de Ciencias Naturales
Bernardino Rivadavia, Conicet

Lorena Arribas
Centro Nacional Patagónico

Jorge Gutiérrez
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)

Dátiles de mar

Mejillones que perforan las rocas costeras

La comunidad intermareal y las especies endolíticas

Se llama *ambiente intermareal* a la franja costera definida por los niveles inferior y superior de la marea. Por encontrarse sujeto a ciclos alternantes de inundación y de exposición al aire, se caracteriza por experimentar importantes variaciones de corto plazo en aspectos como temperatura, humedad, olas y corrientes. Los organismos que habitan ese ambiente poseen adaptaciones que les permiten evitar las temperaturas extremas y la desecación durante la marea baja, así como resistir el embate de las olas durante la marea alta. Ejemplos típicos de esas adaptaciones son el cierre hermético de las valvas por los mejillones, la posibilidad de retraer el cuerpo por las anémonas de mar, o la capacidad de sujetarse con firmeza a las rocas. Las lapas y otros caracoles marinos hacen lo último mediante un pie muscular que funciona como ventosa, los mejillones se valen de filamentos adhesivos, y los dientes de perro poseen sustancias adhesivas o cementantes.

Pero hay organismos de tamaños muy diferentes –entre otros, bacterias, algas, esponjas, erizos de mar, bivalvos, gusanos marinos, camarones y caracoles– cuya supervivencia se basa en su capacidad de perforar las rocas y de guarecerse dentro ellas. Se los designa genéricamente como *endolíticos*. Su acción suele tener efectos importantes en los ecosistemas costeros, pues contribuye a la erosión de las rocas, a la liberación al mar de los minerales retenidos en estas y a la creación de hábitats para otras especies.

En algunos sitios, las especies endolíticas suelen ser numerosas. Es el caso de la plataforma intermareal al pie de los acantilados al sur de Santa Clara del Mar, una veintena de kilómetros al norte de Mar del Plata. Allí hemos encontrado once especies de invertebrados endolíticos (ocho bivalvos y tres gusanos marinos poliquetos y sipuncúlidos). Los bivalvos más abundantes son los popularmente conocidos como dátiles de mar.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un pequeño invertebrado que desempeña una importante y poco conocida función ecológica en la franja costera alternativamente cubierta y descubierta por la marea.

Los dátiles de mar y su forma de perforar rocas

Los dátiles de mar son moluscos del grupo de los mitílidos (cuyos miembros más conocidos son los mejillones). Su nombre se debe a cierto parecido con el fruto de la palmera datilífera (*Phoenix dactylifera*), ya que tienen valvas lisas, forma ovoide alargada y por lo general color marrón. Pertenecen al género *Lithophaga*, del que se han identificado y descripto unas veinticinco especies en los mares del planeta, la mayoría en zonas tropicales y subtropicales.

Se alimentan de fitoplancton, que obtienen filtrando el agua del mar, y respiran tomando el oxígeno disuelto en esta, que baña sus branquias durante dicho filtrado. Se reproducen mediante fecundación externa: tanto machos como hembras liberan los gametos –óvulos y espermatozoides– al mar, donde se produce la fecundación. El óvulo fecundado da lugar a una larva, llamada *velígera*, que vive suspendida en la columna de agua durante algunas semanas y luego desciende al fondo. Allí, una vez que entra en contacto con un sustrato rocoso al cual fijarse, sufre una metamorfosis y comienza a horadarlo.

Los dátiles de mar perforan las rocas costeras para crear cavidades dentro de las que se protegen del impacto de las olas, de la desecación durante la marea baja y de los predadores. Horadan rocas sedimentarias (formadas por la consolidación de sedimentos) de distinta dureza. También pueden agujerear organismos con estructuras duras de carbonato de calcio, como corales, ostras y conchas de caracoles, y hasta huesos de mamíferos fósiles. Asimismo, pueden taladrar rompeolas, embarcaderos y construcciones submarinas de piedra caliza o cemento con alto contenido calcáreo. Por ello a menudo son considerados perjudiciales para el desarrollo de áreas costeras.

Lithophaga patagonica. Mide unos 5cm.

Su forma de excavar no es mecánica sino química. Poseen glándulas que producen secreciones ácidas capaces de disolver el carbonato de calcio y otros compuestos. En esto se diferencian de otros bivalvos, como los pertenecientes a la familia *Pholadidae*, que utilizan sus valvas como taladros mecánicos.

Algunas especies de *Lithophaga*, en adición a las glándulas perforantes tienen otras que secretan carbonato de calcio, por lo que además de formar y expandir la cavidad en la que habitan, pueden también producir con qué revocar sus paredes.

Desde la antigüedad, algunos dátiles de mar fueron muy apreciados para el consumo humano. Los individuos de la especie del Mediterráneo (*Lithophaga lithophaga*) alcanzan 8cm de largo y se consideran apetecibles en muchas ciudades europeas y del norte de África. Pero su recolección produce la destrucción del hábitat, pues se debe romper las rocas para extraerlos. En algunos sectores costeros del Adriático, ello ha causado la desertificación del fondo marino, por muerte de las algas e invertebrados que cubrían el sustrato. Por esta causa hoy está prohibida su comercialización en gran parte de los países ribereños del Mediterráneo.

EL AMBIENTE INTERMAREAL

El ambiente rocoso intermareal es rico en invertebrados y algas. Las especies que lo componen varían a medida que nos movemos desde su nivel superior, más cercano a tierra firme –donde los períodos de exposición al aire son más largos–, al inferior.

En la costa argentina, los dientes de perro (*Balanus glandula*) y las lapas pulmonadas (*Siphonaria lessonii*) son los habitantes más frecuentes del nivel superior. El nivel medio se encuentra dominado por mejillines (*Perumytilus purpuratus* o *Brachidontes rodriguezii*, dependiendo de estar respectivamente al sur o al norte del golfo San Matías) y mejillones (*Mytilus edulis*), a los que, al sur de dicho golfo, se suma un predador de los mejillones, el caracol *Trophon geversianus*. El nivel inferior suele estar dominado por el alga *Corallina officinalis*, en grietas o bajo rocas pueden hallarse estrellas de mar de la especie *Anasterias minuta*, y son frecuentes las cholgas (*Aulacomya atra*).

Diferentes especies de anémonas o cnidarios, poliquetos o lombrices de mar y pequeños crustáceos como cangrejos, isópodos y anfípodos pueden hallarse en los distintos niveles, ya sea refugiados en grietas o asociados con los densos agrupamientos de mejillines y algas.

Finalmente, además de *Lithophaga patagonica*, hay otras especies que perforan rocas, entre ellas poliquetos (*Daylithos amorae*), sipuncúlidos o gusanos maní (*Themiste alutacea*) y varios bivalvos (*Petricola dactylus*, *Barnea lamellosa*, etcétera), poco conspicuos por habitar dentro de las rocas.

Las paredes verticales de arenisca cercanas a Puerto Pirámides constituyen un ambiente propicio para *Lithophaga patagonica*. A la derecha, los tubos de calcita generados por estos dátiles de mar, además de los cuales aparecen en la fotografía mejillines de la especies *Perumytilus purpuratus*. La marea cubre por completo la zona habitada por ambas especies.

En la Argentina los dátiles de mar no se explotan comercialmente, en parte debido al desconocimiento de la especie por parte del público, pero probablemente también porque extraerlos sea poco atractivo en términos económicos, debido a su tamaño pequeño y al costo que impone sacarlos de su cueva rocosa. Dadas las consecuencias ambientales que su extracción tuvo en el Mediterráneo, podría concluirse que promover su consumo es poco recomendable.

El dátil de mar del Atlántico suroccidental

La especie que habita en el mar Argentino fue descripta por Alcide d'Orbigny a mediados del siglo XIX y es conocida como *Lithophaga patagonica* (también *Leiosolenus patagonicus*). Los individuos adultos miden hasta 5cm de largo y se distribuyen por la costa atlántica sudamericana desde el estado de Santa Catarina en Brasil hasta Puerto Deseado, en la provincia de Santa Cruz. Son los dátiles de mar que habitan las aguas más frías.

Es fácil observarlos durante la marea baja en playas rocosas, sobre todo en Chubut, donde son particularmente abundantes. Se los distingue fácilmente por los tubos de calcita de color blanco que construyen para proteger su perforación, los cuales con frecuencia sobresalen de la superficie de la roca. Durante la marea baja permanecen inactivos dentro de los refugios, con las valvas cerradas o apenas entreabiertas. Al subir la marea extienden unas proyecciones del cuerpo llamadas sifones que permiten el ingreso y la salida de agua, lo que les proporciona alimento y

Corte en la roca realizado para mostrar dos refugios del dátil de mar *Lithophaga patagonica*, en uno de los cuales aparece el bivalvo, que mide unos 3cm. Se advierte que las cuevas tienen la pared tapizada por una capa de calcita secretada por el molusco.

Tubos de calcita construidos por *Lithophaga patagonica* expuestos cuando se retira la marea. Abajo a la izquierda, dos dientes de perro (*Balanus glandula*) de alrededor de 1cm adheridos a sendos tubos. Se distinguen además, en el centro de la fotografía, un grupo de anémonas (*Metridium senile*) en el espacio entre dos tubos de *Lithophaga*; debajo de las anémonas, un mejillín (*Perumytilus purpuratus*), y arriba a la izquierda una perforación vacía ocupada por un pequeño crustáceo isópodo (*Exosphaeroma sp.*).

Un sedimento rocoso partido. Se destacan en el centro de la fotografía dos ejemplares de *Lithophaga patagonica* dentro de sus perforaciones y, debajo de ellos, de color negruzco, una valva de cholga (*Aulacomya atra*). Se recortan contra el cielo algas *Codium fragile*, a la izquierda de las cuales se distiguen algas *Corallina officinalis*.

oxígeno, más la oportunidad de eliminar desechos. Los sifones suelen emerger del tubo de calcita y, dado que son negros, a menudo contrastan con el color claro del sustrato (por ejemplo, en punta Pardelas, Chubut). Esto los hace fácilmente distinguibles a los ojos de los buzos.

Importancia para el ecosistema costero

Comúnmente se cree que los organismos perforadores son importantes agentes de erosión y de repliegue de la línea de costa. Es cierto que cuando abundan pueden comprometer severamente la estabilidad estructural del sustrato, por ejemplo, porque contribuyen a socavar las rocas. Sin embargo, la erosión de las rocas costeras se debe sobre todo a las olas y la consiguiente abrasión causada por roce de la arena y los guijarros que llevan. Es común que esos factores físicos tengan mayor efecto erosivo que los biológicos y, de hecho, las investigaciones realizadas por nuestro grupo de trabajo en distintas localidades de la costa argentina indican que el volumen de roca erosionada por la acción de los mencionados factores físicos es aproximadamente sesenta veces mayor que el removido por *Lithophaga patagonica*.

En Quequén hemos constatado una pérdida de volumen de las rocas costeras del 23,44% en un año, del que el 23,10% correspondió a erosión física y solo el 0,34% a acción biológica. Dichas cifras son esperables si se considera el lento crecimiento de estos moluscos, que tardan entre ocho y trece años en alcanzar los 4cm de largo, y su generalmente moderada densidad poblacional (en promedio, un individuo por 100cm^3 de roca en los alrededores de Santa Clara del Mar).

La actividad de los dátiles de mar es potencialmente importante como fuente de minerales contenidos en las rocas, pues al disolver rocas calizas o conchas de moluscos es probable que liberen calcio al medio acuático. Este, en su forma disuelta, constituye un nutriente esencial para los organismos que forman estructuras duras, como conchillas o esqueletos de carbonato de calcio.

Por otro lado, los dátiles de mar crean hábitats para otras especies. Tras la muerte del bivalvo, sus perforaciones quedan vacías y son ocupadas por otros invertebrados marinos, como pequeños crustáceos y caracoles, que encuentran allí refugio de predadores y protección del oleaje y la desecación. Varias especies de estos, incluso, viven exclusivamente en dichas perforaciones durante la marea baja y, en general, la abundancia de muchos de esos invertebrados de la zona intermareal aumenta en presencia de perforaciones vacantes de dátiles de mar. Otras especies suelen adherirse a la superficie externa de los tubos de calcita, cuando estos sobresalen por sobre la superficie rocosa. En otras palabras, la acción de *Lithophaga patagonica* sobre el ambiente rocoso contribuye a que más especies encuentren un hábitat viable.

En la zona de Puerto Pirámides hallamos 29 especies de invertebrados en las áreas en que *Lithophaga patagonica* está presente, mientras que en aquellas de las que está ausente solo encontramos 15. Los pobladores de áreas rocosas sin *Lithophaga* son organismos sedentarios o móviles que se adhieren fuertemente al sustrato mediante alguna adaptación, como mejillones, caracoles, anémonas y dientes de perro, varios de los cuales también se encuentran en áreas con dátiles de mar, por lo general adheridos a los tubos de calcita construidos por los últimos. Pero las especies móviles que carecen de mecanismos de adhesión, como pequeños crustáceos, nemertinos o poliquetos, propensas a ser arrastradas por las olas y mareas, se encuentran restringidas mayormente a las perforaciones realizadas por *Lithophaga*.

Una lapa (*Siphonaria lessonii*) y dos mejillines (*Perumytilus purpuratus*) dentro de una perforación vacía de *Lithophaga patagonica*.

Aunque pequeños y poco conocidos, los dátiles de mar cumplen una función ecológica importante como creadores de hábitats y sostén de la biodiversidad intermareal. La difusión de su conocimiento podrá conducir –esperemos– a una mayor valoración pública y a la conservación de los ambientes intermareales rocosos de las costas argentinas y de otros países. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2014, *Ciencias del mar*, Asociación Ciencia Hoy, Buenos Aires.

BAGUR M *et al.*, 2016, 'Complementary influences of co-occurring physical ecosystem engineers on species richness: Insights from a Patagonian rocky shore', *Biodiversity and Conservation*, 1-16, doi *10.1007/s10531-016-1203-x*.

BAGUR M *et al.*, 2014, 'Endolithic invertebrate communities and bioerosion rates in Southwestern Atlantic intertidal consolidated sediments', *Marine Biology*, 161: 2279-2292.

PASTORINO G *et al.*, 2015, 'Vida en los fondos profundos del mar', Ciencia Hoy, 143: 49-55.

PENCHASZADEH PE y BROGGER M, 2006, *Biología marina*, Eudeba, Buenos Aires.

MADL P, ANTONIUS A & KLEEMANN K, 2005, *The Silent Sentinels. The Demise of Tropical Coral Reefs*, accesible en *http://biophysics.sbg.ac.at/reefs/reefs.htm*.

Lorena Arribas

Doctora en ciencias biológicas, UBA.
Becaria postdoctoral del Conicet en el Centro Nacional Patagónico.
lorearribas@yahoo.com.ar

María Bagur

Doctora en ciencias biológicas, UNMdP.
Becaria postdoctoral del Conicet en el Museo Argentino de Ciencias Naturales.
mbagur@macn.gov.ar

Jorge Gutiérrez

Doctor en ciencias biológicas, UNMdP.
Investigador adjunto del Conicet en la UNMdP.
jgutierrez@grieta.org.ar

Gabriela Palomo

Doctora en ciencias biológicas, UNMdP.
Investigadora adjunta del Conicet en el Museo Argentino de Ciencias Naturales.
gpalomo@macn.gov.ar

Alberto Díaz
Academia Nacional de
Farmacia y Bioquímica

Biología y sociedad

Los progresos recientes de las ciencias de la vida dejan entrever el eminente papel que la biología tendrá en la evolución de la sociedad y las transformaciones que ella provocará hasta en los modos de existencia y de pensamiento.

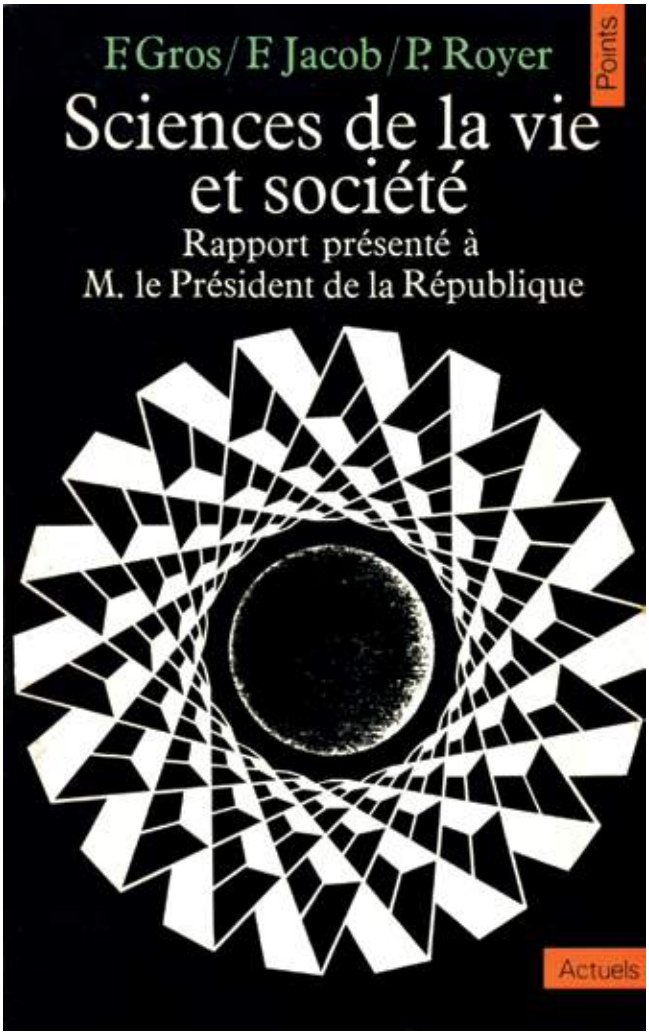
Les confío la misión de estudiar las consecuencias que los descubrimientos de la biología moderna podrán tener sobre la organización y el funcionamiento de la sociedad, de relevar las aplicaciones más útiles de la biotecnología para el progreso y la felicidad de la humanidad y de proponer los medios apropiados para poner en práctica dichas aplicaciones.

La cita del epígrafe es parte de una carta dirigida hace treinta y ocho años, en noviembre de 1978, por Valéry Giscard d'Estaing, entonces presidente de Francia, a los biólogos François Gros (1925-), director del Instituto Pasteur, y François Jacob (1920-2013), premio Nobel de medicina en 1965, más el pediatra Pierre Royer (1917-1995). Pedía a los destinatarios un informe sobre el estado de las ciencias biológicas y su posible influencia en la sociedad, lo que indica que el presidente las consideraba esenciales para el desarrollo del país y para el bienestar de su gente. El documento que produjeron los nombrados se publicó unos meses después con el título *Sciences de la vie et société* (La Documentation Française, París, 1979). Leído casi cuarenta años después, lo esencial de su argumentación conserva notable vigencia y constituye un excelente punto de partida para reflexionar sobre la situación y las funciones actuales del conocimiento biológico.

En la introducción el texto francés resalta que las ciencias de la vida tienen un interés que va más allá más allá de la curiosidad científica y postula que los principales móviles de la investigación en esas disciplinas son de orden socioeconómico y político. 'Es difícil definir qué anima verdaderamente el desarrollo científico en nuestras

¿DE QUÉ SE TRATA?

Las múltiples facetas de la biología actual ante los desafíos que enfrenta el mundo de hoy.



sociedades occidentales. Evolución científica y evolución social están evidentemente relacionadas pero sin de todos modos confundirse. A pesar de lo que puedan pensar los científicos, no es la ciencia la que más a menudo desempeña el papel motor. Basta constatar, para convencerse de lo anterior, que las guerras constituyen un motor poderoso.'

Una característica esencial de la ciencia, que suele crear tensiones con la industria y la política, es la constante innovación, que desemboca en que se desarrollen nuevas tecnologías, a las que resulta necesario adaptarse. 'Lo importante en la investigación es lo imprevisible. Y a lo imprevisible es necesario en todo instante saber y poder adaptarse.'

Las investigaciones realizadas con el propósito de resolver un problema específico (que a veces se llama de manera poco feliz 'ciencia aplicada') conducen a menudo a descubrimientos que resultan básicos para comprender el mundo, como sucedió con los realizados en la segunda mitad del siglo XIX por Louis Pasteur (1822-1895). A la inversa, es también común que muchas aplicaciones de la ciencia emerjan de resultados de investigación realizada poco o mucho tiempo antes sin tenerlas como objetivo. Es, por ejemplo, el caso de los descubrimientos que le valieron el premio Nobel de medicina en 1984 a César Milstein (1927-2002), lo mismo que el de muchos otros hallazgos de biología básica sobre los que se apoya la biotecnología actual.

Si la confusa distinción tradicional entre ciencias básicas y ciencias aplicadas se aclara cuando se la reemplaza por diferenciar ciencia de aplicaciones de la ciencia, como sucede cuando se habla de biología molecular y biotecnología, hay que tener clara la importancia de reconocer tanto sus vínculos estrechos como sus diferencias y sus necesidades específicas, para que las dos crezcan sinérgicamente. Por otra parte, el informe francés sostiene que, junto con la ciencia académica, para la década de 1980 se esbozaba 'una concepción más utilitaria de la ciencia, más directamente dirigida al estudio de problemas de interés de la sociedad, sus recursos y su economía'.

Una de las características notables del informe es su claridad temática, en especial para el tipo de lector al que estaba dirigido, esencialmente funcionarios, políticos y público interesado en estos temas. Su mensaje insiste en la importancia de que se tomen decisiones sobre la base del conocimiento. El informe está dividido en cinco partes y, de manera didáctica y clara, cada una finaliza con un resumen y recomendaciones que agilizan su comprensión.

La primera sección se refiera a la *biología de base* y describe el estado del conocimiento de las células y sus constituyentes, el funcionamiento del organismo y las interacciones entre el nivel celular y el del organismo. Entre sus conclusiones predice 'una intensificación de las investigaciones sobre sistemas complejos, que requieren una cooperación entre diferentes disciplinas, como los estudios del desarrollo del embrión, el feto y el niño, o las investigaciones de biología del cerebro, o la ecología fundamental'. También predice el documento que continuaría 'desarrollándose la microbiología fundamental o básica, fuente de tecnologías y de nuevas industrias', lo mismo que 'la biología vegetal, largo tiempo descuidada por la biología molecular. La biología vegetal deberá conocer un desarrollo nuevo, a causa especialmente de sus aspectos aplicados'. Dichas predicciones se han cumplido de manera sorprendente.

La segunda sección trata sobre biología aplicada a la medicina, la agronomía y la explotación de los recursos del mar (el informe usa para lo último el término *océanographie*). Resalta la importancia de la investigación clínica y enfoca la investigación en salud pública, que se sitúa en la intersección de la biología, la psicología, la sociología y la economía, y acerca de la cual explica que en Francia 'el aporte de matemáticos e informáticos más el de los investigadores en ciencias sociales equilibra la reflexión biológica y la médica'. Acertadamente señala posibles contribuciones de nuevos conceptos y técnicas de la biología de base a la práctica médica, provenientes de la biología celular y molecular, la inmunología, la biología de la reproducción y el desarrollo, la comunicación celular, la interacción de los organismos entre ellos y con su medio, y de la cronobiología.

De arriba hacia abajo. François Gros *ca.* 1990, Pierre Royer *ca.* 1980, François Jacob *ca.* 2000.

De manera similar, esboza los futuros aportes de las ciencias de la vida a la agronomía y al aprovechamiento de los océanos. Los temas centrales relacionados con la agronomía son proteger las condiciones de vida y conservar el potencial genético de las especies vivas, y sobre la explotación de los mares llama la atención que el informe haya considerado temas como la biología y la ecología marinas, la acuicultura y el aprovechamiento de las algas. Se refiere también a preservar el equilibrio químico del ambiente (más técnicamente, la homeostasis de la biósfera) y a la cooperación internacional para encarar los problemas de la producción agraria. Los recientes acuerdos globales para mitigar los efectos del cambio climático o recuperar la capa de ozono de la alta atmósfera confirmaron esas predicciones para un campo más amplio que el de la agronomía o la explotación de los océanos.

Las conclusiones de la segunda parte señalan 'que no hay una relación jerárquica evidente entre una biología de base, creadora de conceptos y de técnicas', y una biología de la que se deriven aplicaciones médicas, agronómicas y aplicables a explotar los recursos marinos. Y agrega: 'Es preferible imaginarse el sistema de relaciones de las ciencias de la vida como una imbricación muy cercana de temas, de equipos y de hombres en una unidad cada vez más grande y en movimiento de conceptos y de métodos. Los intercambios, las preguntas y las soluciones son multidireccionales. En los próximos veinte años, son deseables todas las organizaciones que favorezcan esas relaciones'.

La tercera sección del informe se dedica a las tecnologías relacionadas con los seres vivos. Sus temas centrales son la producción de alimentos y la nutrición. El documento conjetura sobre las futuras demandas alimentarias y la posibilidad de mejorar la nutrición humana mediante cambios que puedan aplicarse en todos los estadios de la cadena alimentaria. También destaca el cometido de la educación sanitaria en la sociedad y la necesidad de políticas de salud pública en materia de nutrición. Recomienda la acción conjunta de la agricultura, la industria, el gobierno, las finanzas, la medicina y la biología en la generación y aplicación de esas políticas de salud pública.

Por su lado, la simbiosis entre farmacología y biología básica crea una nueva fuente de innovación en materia de medicamentos, pero ese avance plantea nuevos 'problemas éticos, regulatorios, financieros y organizacionales, y puede sufrir perversas desviaciones'.

Finaliza la tercera parte del informe con unas consideraciones sobre los requerimientos de las ciencias biológicas en materia de técnicas y de logística, las que 'son actores privilegiados del avance de las ciencias, a la vez consecuencia y causa de los descubrimientos' de estas. Técnicas y logística incluyen instrumentos, materiales, reactivos, bioterios, informática y bancos de células, entre otros.

La bioingeniería conforma la cuarta sección, que parte de que se podía estar 'ante un gran cambio de la industria biotecnológica' basado en bioquímica, la fisicoquímica, la genética y la biología celular animal y vegetal. El informe menciona la ingeniería de enzimas, los biorreactores, la microbiología aplicada, las bioconversiones y la bioenergía. Es llamativo que, en la visión de los autores, la industria basada en descubrimientos científicos aplicados a las necesidades de la producción resulta importante para conseguir 'nuevos avances en las ciencias de la vida'.

Hasta ese momento, la biología molecular se había ocupado casi exclusivamente de microorganismos, sobre todo bacterias y virus, y alcanzado gran desarrollo en Francia, por lo que no extraña que el documento se detenga en las aplicaciones de la microbiología para atender nuevas necesidades de la sociedad tanto en materia de salud, agricultura y energía como para tratar la contaminación ambiental, desarrollar la minería o innovar en la industria química. Así, aventura que en 2020 se podría sustituir productos petroquímicos por similares generados por bioconversión microbiana a partir de celulosa. También sugiere la utilización de microorganismos detectores de agentes cancerosos o tóxicos, fijadores de nitrógeno y aprovechables como pesticidas.

El documento señala que si bien la aplicación de la microbiología había surgido en Francia impulsada por Pasteur, su fuerte desarrollo tuvo lugar en Japón y en los Estados Unidos y no en tierras galas, por razones vinculadas con el funcionamiento del sistema universitario y de investigación francés, y sobre todo por no haber podido despertar el interés del sector industrial, más volcado a la química que a los adelantos de la biología. Aún hoy, la química, la mecánica, la electrónica y la informática, entre otras disciplinas, atraen más que la biología las miradas y el interés de la industria francesa. La cuarta parte del informe se detiene en el estado de la biotecnología en va-

BIOECONOMÍA

Una reflexión sobre el cometido de las ciencias biológicas y la biotecnología en la sociedad del presente incluye considerar el relativamente nuevo concepto de *bioeconomía*. De acuerdo con un documento de trabajo preparado por organismos de la Unión Europea, dicho concepto 'se refiere a la producción sustentable y a la elaboración a partir de biomasa renovable de un rango de productos para alimentación, salud, fibras, productos industriales y energía'. A su vez, *biomasa renovable* incluye todo material de seres vivos –sea producto de agricultura, ganadería, explotación forestal o pesca– empleado como materia prima o como bien final. En términos generales, la bioeconomía es producción innovadora y sustentable (en sentido económico y ambiental) de bienes y servicios en todos los sectores de la economía, basada en conocimiento científico y en la utilización de recursos biológicos. Abarca, entre otros, fármacos y vacunas de uso médico y veterinario, instrumentos de diagnóstico de la salud humana y animal, combustibles, pesticidas, fertilizantes y materiales de variados usos.

En 2015, más de setecientos participantes de unos ochenta países se reunieron en Berlín en la primera cumbre sobre bioeconomía global, convocados por una asociación alemana con el apoyo del gobierno de ese país. Las ramas de la bioeconomía fueron responsables en 2014 de exportaciones mundiales por un valor de aproximadamente dos billones (2×10^{12}) de dólares, lo que representó el 13% del comercio internacional del planeta. La bioeconomía ocupa un lugar central por lo menos para la mitad de los objetivos de desarrollo sustentable definidos por las Naciones Unidas, desde la seguridad alimentaria hasta el acceso a la energía y salud.

rios países, como Alemania y Canadá además de Francia, los Estados Unidos y Japón. La labor que se realiza en el presente en el Instituto Pasteur, el Instituto de Genética y Microbiología de Orsay y el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse atestiguan el valor actual de la microbiología francesa.

El informe reclama que la investigación practicada en el ámbito público cumpla con un cometido de creciente importancia en la formación de bioingenieros abiertos a una nueva generación de conceptos y en la creación de tecnologías, pero también que constituya el 'indispensable vivero intelectual, origen genuino de temas con aplicaciones socioeconómicas'.

Y concluye: 'La industria biológica, por el espectro tan amplio de sus objetivos y la gama extendida de sus productos, debe poder asegurar el funcionamiento y el empleo en empresas de diversos tamaños, desde las pymes hasta las multinacionales, para que el país pueda asegurar el equilibrio futuro de su economía y de su sociedad, mejorar sus recursos naturales y preservar su independencia'.

Finalmente, la quinta sección se refiere a las interacciones entre biología y sociedad. Recuerda la historia de la anticoncepción química a modo de ejemplo de la dificultad de prever el futuro de la sociedad, y menciona cuestiones en las que se registrarían avances con fuertes repercusiones sociales, como las relacionadas con la reproducción humana, la selección del sexo de los hijos, nuevas drogas psicotrópicas y otras. En particular se refiere a temas demográficos, 'economía y empleo, derecho a la salud y a calidad de vida', el respeto por la vida, la educación y la influencia de la sociedad sobre el desarrollo de la ciencia.

Las conclusiones del informe pueden verse como el fundamento de políticas y programas aplicables en los tiempos actuales. 'Algunos esperan que las ciencias de la vida proporcionen un remedio a todos los males. Otros les reprochan pretensiones imperialistas o proyectos monstruosos. La biología no merece ni esos honores en exceso ni estas indignidades. Contrariamente a lo que a veces se nos quiere hacer creer, no es a partir de la biología que nos podemos formar una idea del hombre. Es, al contrario, a partir de una idea del hombre que podemos utilizar la biología para ponerla a su servicio. Ella sola no puede hacer nada. Sola no resolverá ninguno de los problemas de nuestra sociedad. Si puede desempeñar un papel, si puede contribuir a alcanzar soluciones, es en función de una voluntad política y de un consenso social.' CH

LECTURAS SUGERIDAS

DJERASSI C, 2004, *This Man's Pill: Reflections on the 50th Birthday of the Pill*, Oxford University Press.

EL-CHICHAKLI B *et al*., 2016, 'Five cornerstones of a global bioeconomy', *Nature*, 535, 7611: 221-223 12, accesible en *http://www.nature.com/polopoly_fs/1.20228!/menu/ main/topColumns/ topLeftColumn/pdf/535221a.pdf.*

European Technology Platforms, *European BioEconomy in 2030*, accesible en *http://www.epsoweb.org/file/560.*

Global Bioeconomy Summit 2015, *Making Bioeconomy Work for Sustainable Development*, Berlín, accesible en *http://gbs2015.com/fileadmin/gbs2015/Downloads/ Communique_final_neu.pdf.*

Alberto Díaz

Licenciado en ciencias químicas, UBA.
Profesor invitado, UBA.
Académico correspondiente, Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica.
albertodelbo@gmail.com

Gerardo ME Perillo
M Cintia Piccolo
Instituto Argentino de Oceanografía (IADO),
Universidad Nacional del Sur-Conicet

Cursos de marea

El sistema circulatorio de los humedales costeros

Llamamos *cursos de marea* a hendiduras alargadas que se forman en las áreas *intermareales*, es decir, aquellas alternativamente cubiertas y descubiertas por la marea. Los cursos son una característica distintiva de esos ambientes costeros, aun donde la influencia de la marea es mínima, y constituyen el sistema circulatorio que transporta agua, sedimentos, nutrientes y contaminantes por esas áreas e incluso fuera de ellas. Esa circulación es impulsada por la energía de las mareas –que constituyen el corazón del sistema– y facilita el intercambio de sustancias y de vida que tiene lugar entre las áreas en cuestión, los ríos y arroyos que fluyen a ellas y la plataforma marina adyacente.

Las zonas costeras de las que se ocupa este artículo son una clase de *humedales*, un término aplicado a una enorme variedad de ambientes cubiertos por aguas dulces, salobres o saladas en forma permanente o intermitente, como lagunas o sectores de estas, ciénagas, esteros, turbales, marismas, manglares y otras. Su uso en este texto indica aquellos humedales sometidos a inundación por las mareas.

Los cursos de marea son cruciales para la vida en los humedales costeros, pues proveen alimento, protección para la fauna, lugares para la reproducción y el crecimiento de organismos marinos, y finalmente, un camino para que estos lleguen al mar cuando alcanzan su madurez. También aportan los principales nutrientes a las plantas que habitan allí.

Los humedales costeros, como las playas, son una zona de transición entre mar y tierra firme. Son ecosistemas fundamentales para el mantenimiento de la cadena trófica costera en tierra y mar, y son zonas de cría y de alimentación de una fracción importante de aves migratorias. Su desaparición, muchas veces por acción humana, suele implicar significativos perjuicios ambientales, incluida la pérdida de especies. Por ello, de un tiempo a esta parte se trabaja seriamente en muchos lugares en la restauración y el manejo de esos y otros humedales.

Cuando la onda de marea ingresa en estos ambientes –sean *planicies*, *marismas* o *manglares*– fluye por cursos hasta que, con el progreso de la inundación, termina desplazándose como una lámina y las aguas alcanzan el nivel de la pleamar. Cuando se produce el reflujo, es decir, se retira la marea, se revierte el proceso: primero las aguas descienden en flujo laminar, luego drenan por los cursos de marea y llegan al mar para la bajamar.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Las mareas crean una compleja trama circulatoria por la que ingresan a las áreas que inundan en pleamar y por la que luego se retiran.

Aunque los cursos de marea constituyen un componente vital de los humedales, han recibido escasa atención de los investigadores, quizá porque son difíciles de identificar y, en muchos casos, pueden ser confundidos con corrientes que fluyen solo en una dirección, como arroyos de agua dulce que llegan al mar. Existen, sin embargo, notables diferencias, tanto hidráulicas como morfológicas, entre ambas vías de desplazamiento de aguas. Por ello, es inapropiada la imagen de los cursos de marea como ríos bidireccionales, quizá promovida por el hecho de que sus primeras descripciones recurrieron a terminología fluvial.

Ahora podemos hacer más precisa la definición elemental de los cursos de marea que dimos al inicio e indicar una clasificación que sirva para describirlos. Un curso de marea es cualquier hendidura longitudinal de un humedal por la que fluye agua proveniente primariamente de la acción de la marea. Clasificados por tamaños, los cursos de marea se pueden dividir así:

Nombre	Agua en bajamar	Profundidad (cm)	Ancho (cm)
Surco	no	< 1	< 2
Cava	no	1-5	2-10
Cárcava	no	5-100	10-100
Arroyo	sí	10-200	10-200
Canal	sí	> 200	> 200

Los valores de profundidad y ancho se toman con el conducto lleno. La longitud no se considera porque puede sufrir grandes variaciones.

Los *surcos de marea* (*tidal rills*) son hendiduras muy pequeñas y superficiales que se forman en lugares de escasa pendiente (menos de 3º) al retirarse las aguas, pero suelen desaparecer con la entrada de la siguiente marea para volver a formarse, en el mismo sitio u otro, con la próxima bajante.

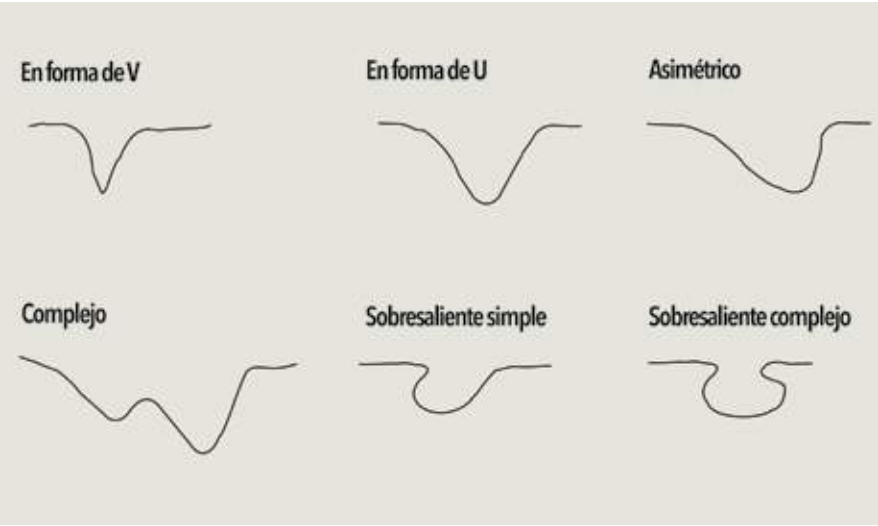
Estructura arborescente de los cursos de marea, formados por drenajes paralelos incomunicados, a diferencia de las cuencas hidrográficas en las que los cursos menores terminan progresivamente volcando sus aguas en los mayores.

Las *cavas de marea* (*tidal grooves*) se encuentran en lugares con pendientes más altas (3 a 7º) y tienen más posibilidades de sobrevivir a la entrada de la marea debido a que son hendiduras más profundas.

Las *cárcavas de marea* (*tidal gullies*), similares a las que se observan en desiertos o acantilados, sobreviven a la entrada de la marea y se agrandan por las corrientes. No conservan agua de marea durante la bajamar, pero pueden llevar agua de la napa freática o de lluvia. Suelen ser más profundas en la cabecera que en la boca de su curso, es decir, la pendiente de su fondo suele ser menor que la del terreno por el que corren.

Los *arroyos de marea* (*tidal creeks*) normalmente conservan agua de la marea durante la bajamar y experimentan una variación mayor de profundidad entre su cabecera y su boca. Suelen avanzar significativamente hacia la margen marina de la zona intermareal, una zona que raramente alcanzan surcos, cavas y cárcavas.

Los *canales de marea* (*tidal channels*) son las estructuras de desagüe más grandes de los humedales costeros, que resaltan claramente en mapas e imágenes satelitales. Siempre tienen agua impulsada por la marea, aun en las bajamares más acentuadas, debidas a las *mareas de sicigia*. Sus profundidades superan en promedio los 2m y, según las características del humedal, pueden alcanzar los 10m, pero existen casos en que se han re-



Croquis de las secciones transversales de los cursos de marea.

gistrado en lagunas costeras canales con profundidades de hasta 30 o 40m. De la misma manera, sus anchos pueden variar entre unos pocos cientos de metros hasta varios kilómetros.

Las principales diferencias entre las redes fluviales y las de cursos de marea residen en las condiciones del flujo, el relieve relativo, el grado en que la cuenca se inunda, el patrón de evolución y las relaciones entre diferentes cursos. Aunque existen humedales costeros cuyos terrenos o sustratos, como los de muchos ríos, son arenosos, los de la gran mayoría son limos y arcillas.

Si bien los sistemas de drenaje que forman los cursos de marea tienen una estructura arborescente, en la que los cursos menores terminan progresivamente volcando sus aguas en los mayores, a diferencia de las cuencas hidrográficas, que suelen conformar una única red intercomunicada, un área atravesada por cursos de marea suele consistir en una serie de drenajes paralelos –lineales o sinuosos– incomunicados, como se aprecia en la fotografía aérea de la página anterior. Incluso suele suceder que arroyos y canales tengan conexiones con otros cursos en ambos extremos, lo que hace todavía más complejo el patrón de circulación en ellos.

Las formas de las secciones transversales de los cursos de marea dependen principalmente de la índole del sustrato, de la amplitud de las mareas, de su sinuosidad y de la cobertura vegetal que tengan sus márgenes. Genéricamente las secciones se pueden clasificar como lo indican los croquis. Más allá de la descripción de esas formas, no se han realizado estudios que las relacionen con las condiciones del curso, su evolución o su tamaño.

A diferencia de los ríos, en los que sus perfiles longitudinales están condicionados por la pendiente regional y, en ciertos casos, por la local, los perfiles longitudi-

Cárcavas de marea (*tidal gullies*).

Arroyos de marea (*tidal creeks*).

nales de los cursos de marea no parecen responder a tales condicionamientos (o, por lo menos, nadie lo ha comprobado). Los perfiles de surcos, cavas y cárcavas de marea tienden a ser cóncavos en la cabecera de su recorrido y convexos en el resto de él.

En las cabeceras suele producirse una erosión que genera un pequeño acantilado sobre el cual el agua cae en cascada al retirarse la marea, con la consecuencia de que en ese tramo el curso adquiere mayor profundidad. Si allí el sedimento es compacto, los flancos y el fondo del curso quedan marcados por una mezcla irregular y caótica de terrones o clastos de sedimento, parches de plantas, restos de tubos de cangrejos, etcétera.

Aguas abajo disminuye la irregularidad de los flancos y del fondo de esos cursos, debido a que el flujo de las mareas tiende a suavizarlos, pues transporta y desgasta los clastos de sedimentos.

Los arroyos y canales de marea tienen flancos y fondos relativamente suaves, erosionados por las corrientes. Sus irregularidades están relacionadas con la erosión que se produce en el flanco exterior de los meandros y con turbulencias que aparecen en pozos y en la desembocadura de tributarios. Además, hacia la llegada al mar de arroyos o canales a menudo se forman depósitos de sedimentos, que varían desde deltas típicos a bancos paralelos al canal principal.

Los pozos en desembocaduras de tributarios han sido investigados en cursos fluviales, pero solo sabemos de tres estudios de ellos en ambientes mareales, dos realizados en el estuario de Bahía Blanca. En los canales de marea, esos pozos pueden ser hasta 20m más profundos que la línea de mayor profundidad o *thalweg*. En los cursos, la pendiente más abrupta está del lado del tributario y la más suave del lado del curso mayor; en ríos, en cambio, se ha observado lo contrario.

Pequeño acantilado que se forma en las cabeceras de surcos, cavas y cárcavas de marea.

Canales de marea (*tidal channels*).

En los cursos de marea opera un mecanismo adicional que los hace más profundos: el crecimiento de albardones laterales. Ello se debe sobre todo a la presencia de vegetación, que reduce el transporte de sedimento por la marea creciente. Los albardones inhiben el intercambio de agua, sedimentos y nutrientes entre la marisma y el canal. El tipo y la distribución vertical de las plantas de la marisma tienen una influencia significativa en las características y la evolución de los cursos de marea.

Las cabeceras de los cursos de marea pueden tener la misma variabilidad de formas que los sistemas fluviales. Las cabeceras pueden definirse como el límite aguas arriba donde hay erosión observable y el flujo está dentro de flancos definidos. Estudios recientes citados en las lecturas sugeridas han demostrado que existen por lo menos tres tipos de cabeceras: difusa, de forma indefinida, por lo general semejante a la tierra circundante; aguda, con un ancho inicial que no supera los 15cm, y abierta, de forma redondeada y un ancho mayor que 15cm.

En cada tipo de cabecera actúan diferentes procesos. En la difusa predomina la erosión superficial, mientras que otros factores, como aguas subterráneas o la erosión causada por el reflujo, que forma cascadas, tienen poca importancia. Lo contrario sucede con las cabeceras agudas, para las que la erosión por aguas subterráneas y por el reflujo son los factores más importantes, que también son los principales factores en la formación de cabeceras abiertas.

Por otro lado, en humedales costeros nunca se puede eliminar el factor biológico. Los estudios realizados en el estuario de Bahía Blanca demuestran que la actividad de cangrejos, los cuales a estos efectos se comportan como verdaderos ingenieros del ecosistema, tiene un cometido clave en la evolución de este.

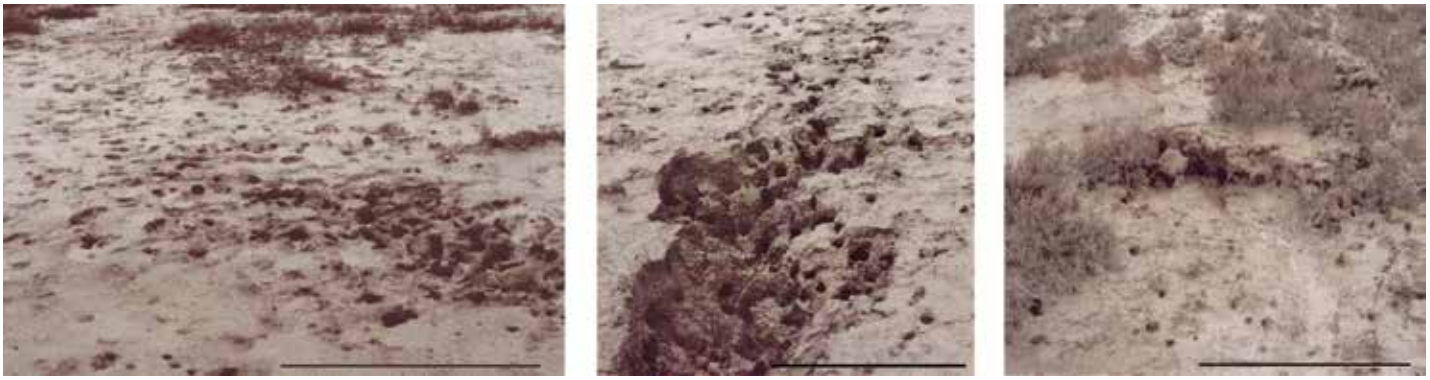
Las cabeceras afectadas por la actividad de los cangrejos suelen progresar más durante la primavera y el verano, y en todos los casos lo hacen por pulsos y no en forma continua, como se pensaría intuitivamente.

Si consideramos las redes completas de drenaje, las diferencias entre las fluviales y las de marea son significativas. Una está relacionada con el número y la jerarquía de los tributarios: las segundas se parecen a la cuenca alta de un río de llanura, que puede movilizar grandes volúmenes de agua en poco tiempo. Otra diferencia entre ambos sistemas, más significativa, es que en las redes de los humedales es mucho menor el condicionamiento de la topografía y toman preeminencia los procesos hidrodinámicos.

Es interesante advertir que inicialmente la circulación en un humedal se realiza en sentido contrario al de una red fluvial, es decir, del mar hacia el continente, pues la misma red llena la cuenca antes de vaciarla, y repite la inversión del movimiento en forma regular. La marea fluye aguas arriba en la etapa de llenado o flujo, colma los cursos, que desbordan e inundan todo el humedal hasta una altura que depende cada vez del estado de la marea. Con la pleamar, las velocidades de las corrientes van disminuyendo hasta llegar a cero, un estado que se llama *estoa de pleamar*, *marea muerta* o *marea quieta*. A partir de ese momento, el sistema, en su etapa de vaciado o reflujo, se comporta con cierta semejanza a uno fluvial, pues se descargan los cursos y el agua fluye hasta finalmente salir al mar.

El camino que toma el agua de marea para llegar al mar desde cualquier lugar del humedal en que la encuentre la pleamar nunca es el mismo, debido a factores que para los ríos serían despreciables, como la velocidad y dirección del viento, la distribución de las plantas o irregularidades menores del terreno, los que en el hu-

La irregularidad de los flancos y del fondo de los arroyos de marea se va suavizando a medida que avanzan desde sus cabeceras, efecto que produce el flujo de agua y de sedimentos.



Formas que toman las cabeceras de los cursos de marea. Izquierda, difusa o indefinida, por lo general semejante a la tierra circundante; centro, aguda, con un ancho inicial que no supera los 15cm, y derecha, abierta y redondeada, con un ancho mayor que 15cm. La barra que indica la escala mide 50cm en la imagen del centro y 1m en las otras dos.

medal, en cambio, tienen una influencia esencial para definir el camino del agua de reflujo.

Los humedales costeros, igual que los estuarios, son ambientes restringidos en que se tienden a concentrar nutrientes y contaminantes, y permanecer por tiempos largos, a pesar de la acción de las olas o los vientos.

La variedad de formas de redes de drenaje que se pueden encontrar en humedales costeros es un tema de discusión entre especialistas, ya que no existen teorías convincentes sobre las razones que dan lugar a un tipo de red en lugar de otro, incluso por qué coexisten tipos diferentes en posiciones contiguas. Las características de los sedimentos, la historia sedimentaria, la pendiente del humedal y los niveles de inundación deben tener influencia en el tipo de red, pero se desconoce hasta qué grado cada uno de ellos es responsable por cuál aspecto del trazado.

La vegetación tiene un efecto significativo en las características de las redes y en la evolución de los cursos. La colonización de una planicie de marea por plantas confiere un grado de estabilidad al terreno y en términos generales al sistema circulatorio, y hace más probable que sus características se preserven en el tiempo. CH

GLOSARIO

Área intermareal. Zona costera alternativamente cubierta y descubierta por la marea.
Bajamar. Momento del ciclo de la marea en que el agua del mar desciende a la mínima altura.
Curso de marea. Hendidura longitudinal de un humedal por la que fluye agua proveniente primariamente de la acción de la marea.
Estoa de bajamar. Momento del ciclo de la marea en que el nivel del agua, habiendo llegado al mínimo, permanece fijo antes de comenzar a ascender.
Estoa de pleamar. Momento del ciclo de la marea en que el nivel del agua, habiendo llegado al máximo, permanece fijo antes de comenzar a descender.
Humedal. Zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan (definido así en la convención de Ramsar).
Manglar. Humedal costero de la zona intermareal propio de mares tropicales de todo el mundo en el que crecen mangles, árboles tolerantes a la sal pertenecientes principalmente a la familia *Rhizophoraceae*.
Marea de sicigia. Es la que se produce cuando la Luna, la Tierra y el Sol de encuentran alineados, con la Tierra en el medio en Luna llena y la Luna en el medio en Luna nueva. Es también llamada marea viva y está entre las mareas más altas.
Marea quieta. Estoa de pleamar o bajamar.
Marisma. Humedal con aguas marinas o salobres en el que crecen plantas herbáceas y está principalmente asociado con estuarios. En inglés, *marsh*.
Planicie de marea. Humedal costero de la zona intermareal sin o con escasa vegetación característico de costas con muy baja pendiente. En inglés, *tidal flat*.
Pleamar. Momento del ciclo de la marea en que el agua del mar asciende a la máxima altura.
Thalweg. La línea de menor elevación de un valle o la de mayor profundidad de un curso de agua.

LECTURAS SUGERIDAS

ALLEN JRL, 2000, 'Morphodynamics of Holocene salt marshes: A review sketch from the Atlantic and Southern North Sea coasts of Europe', *Quaternary Science Reviews*, 19: 1155-1231.

ESCAPA CM *et al.*, 2007, 'Direct and indirect effects of burrowing crab activities on erosion of Southwest Atlantic *Sarcocornia*-dominated marshes', *Limnology & Oceanography*, 52, 2: 2340-2349.

MINKOFF DR *et al.*, 2005, 'Erosive processes due to physical-biological interactions based in a cellular automata model', *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 12, 1: 25-34.

PERILLO GME *et al.* (eds.), 2009, *Coastal wetlands: An integrated ecosystem approach*, Elsevier, Amsterdam.

PERILLO GME y PICCOLO MC, 2004, '¿Qué es el estuario de Bahía Blanca?', Ciencia Hoy, 14, 81: 8-15.

WOLANSKI E, 2007, *Estuarine ecohydrology*, Elsevier, Amsterdam.

Gerardo ME Perillo

Doctor (PhD) en oceanografía, Old Dominion University, Norfolk, Virginia.
Investigador superior en el IADO, UNS-Conicet.
Profesor titular, UNS.
gmeperillo@criba.edu.ar

M Cintia Piccolo

Doctora (PhD) en oceanografía, Old Dominion University, Norfolk, Virginia.
Investigadora superior en el IADO, UNS-Conicet.
Profesora titular, UNS.
mcpiccol@gmail.com

Mariana Koppmann

Antes de la heladera

Hoy no falta una heladera en ninguna vivienda, al extremo de que las casas se proyectan y se construyen con un lugar preciso destinado a ubicarla. Como ocurre con muchas cosas que nos rodean y asisten en la vida cotidiana, damos su presencia por sentada y, sin pensarlo, suponemos que siempre fue así. Sin embargo, la realidad es que la heladera hogareña del tipo que ahora usamos data de hace relativamente poco, pues apareció en los Estados Unidos, en el mercado de artefactos domésticos, en la década de 1920, fabricada por firmas como Frigidaire, Kelvinator y General Electric. Esta última empresa lanzó en 1927 uno de los primeros modelos de amplia difusión, llamado Monitor Top, ilustrado en la fotografía, que se solía ver en la Argentina en las dos décadas siguientes. Pero solo con el fin de la Segunda Guerra la heladera se convirtió en objeto de difusión masiva y se generalizaron las características que le conocemos en estos momentos, como congelador (*freezer*) separado y descongelamiento (*defrost*) automático.

Para los consumidores, lo mismo que para las cadenas de producción y distribución, la refrigeración cambió por completo el ciclo de los alimentos y, por lo tanto, las costumbres alimentarias. Desde tiempos inmemoriales, la humanidad tuvo conciencia de la relación entre frío y conservación de comida, aprendida por observación y ensayo, que es un método también empleado por la ciencia moderna. Pero, a diferencia de esta, que en muchos casos (aunque no en todos) logra ir más allá de constatar los hechos y descubre los mecanismos que los explican, hasta bien entrado el siglo XIX se ignoraba por qué los alimentos duran más en ambientes fríos.

Eso cambió con el advenimiento de la microbiología y, sobre todo, con los descubrimientos de Louis Pasteur (1822-1895), quien en 1859 demostró que la fermen-

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Cómo se conservaban los alimentos cuando no había heladeras?

Izquierda. Una de las primeras heladeras eléctricas domésticas que alcanzó amplia difusión, la General Electric Monitor Top, que se comenzó a comercializar en 1927.

Derecha. Alacena conservadora de frío de uso hogareño (llamada en su tiempo heladera), en uso cuando existían fábricas de hielo pero no heladeras domésticas que lo produjeran.

tación de alimentos es causada por microorganismos y que estos no aparecen por generación espontánea. El 20 de abril de 1864, Pasteur y su colega Claude Bernard (1813-1878) aplicaron a la leche un proceso de calentamiento seguido de enfriamiento (hoy llamado pasteurización) que reduce el número de agentes patógenos (no los elimina por completo) y aumenta las posibilidades de transportarla y conservarla.

Antes de que se inventaran las máquinas para fabricar hielo, que comenzaron a adquirir alguna viabilidad práctica en escala industrial a partir de la década de 1850, en los lugares en que se tenía acceso a hielo natural se lo aprovechaba como fuente de frío para conservar alimentos. Por ejemplo, se bajaban grandes bloque de hielo de glaciares de montaña y se los enterraba para que duraran más tiempo. También se sacaba partido de los sitios más frescos de los edificios, como sótanos, o lugares sombreados al aire libre.

En sitios con climas muy fríos, como Siberia, Escandinavia o Alaska, particularmente donde la tierra no mucho por debajo de la superficie permanece congelada todo el año, las poblaciones aprovecharon la refrigeración natural a su disposición para generar algunas preparaciones tradicionales, como el gravlax escandinavo o el lox de Alaska, que es salmón crudo marinado con sal y especias. Los salmones se pescaban cuando eran abundantes en los ríos que remontaban para desovar, y luego se conservaban enterrados para consumirlos a lo largo de los meses.

Con la fabricación de hielo industrial aparecieron las primeras heladeras, que solo eran alacenas conservadoras de frío en forma de cajas o armarios de madera con compartimentos revestidos del lado interior en metal zincado. Por su lado, las tempranas heladeras eléctricas no tenían congelador, el cual se incorporó años después para disponer de hielo en pequeñas cantidades. Si bien el compartimiento para hielo se fue haciendo más grande, no estaba aislado del resto de la heladera y su temperatura no descendía de alrededor de -5ºC. En la década de 1980 llegaron las heladeras con congelador separado, que podían operar a unos -18ºC, como las que usamos en estos días, y se dieron las condiciones para que prosperara la industria de los alimentos congelados, que en sus inicios se llamaban supercongelados.

Antes de la refrigeración, cuando el deterioro rápido de los alimentos era moneda corriente, el recurso de intentar retardarlo recurriendo a fuentes naturales de frío o al almacenamiento en lugares frescos no era el único procedimiento que se había encontrado por prueba y error. Dado que tanto las bacterias como los hongos necesitan ambientes húmedos y solo ligeramente ácidos para sobrevivir y reproducirse, quitar el agua o hacer muy ácido el medio obstaculizan la acción de los microbios y difieren el deterioro, igual que lo hace el frío,.

En muchas regiones del mundo podemos encontrar ejemplos de platos tradicionales de diferentes culturas confeccionados con vegetales acidificados, entre ellos el *kimchi* coreano y el chucrut alemán y centroeuropeo, hechos con repollo u otros vegetales que son salados para extraer parte del agua, condimentados en Corea con picantes y en Europa con eneldo, y dejados por un tiempo para que fermenten. La fermentación, que se produce por la presencia de bacterias ácido-lácticas en las hojas de repollo, acidifica el medio, da textura y sabor a las preparaciones, impide su deterioro y evita la proliferación de microorganismos patógenos. Parecido es el proceso de preparación de picles, que son vegetales en vinagre con o sin sal y, según algunas fuentes, se remontan en el cercano Oriente a más de 4000 años. Otro caso semejante es el del condimento tradicional japonés *miso*, basado en la fermentación de porotos salados de soja que provoca el hongo *Aspergillus oryzae*, el cual también se emplea para hacer salsa de soja y el aguardiente sake.

En zonas con poca humedad, la forma tradicional de desecación es la exposición a los rayos solares tanto de carnes como de vegetales, que se extienden o cuelgan de manera que el aire circule y el sol los vaya desecando. Así se preparan charque, orejones y ciruelas secas, pasas de uva y pescado desecado.

También salar puede ser un método de desecación, dada la gran afinidad de la sal con el agua: en el Río de la Plata la industrialización de la carne empezó con saladeros antes de la instalación de frigoríficos. Hay múltiples ejemplos tanto de vegetales como de huevos conservados en soluciones saturadas de sal. Existen quesos que combinan la acidificación y la desecación, igual que salames o el *katsoubushi* japonés, que se prepara a partir de atún seco, fermentado y ahumado.

Es bien conocido el bacalao salado, que se consume desde hace siglos, desde cuando, antes del año 1000 de nuestra era, pescadores vikingos se aventuraban al Atlántico a pescarlo no solo en las cercanías de las costas escandinavas sino, también, cerca de las de Groenlandia y de Terranova. Lo salaban a bordo para que se conservara hasta completar la carga del barco, cruzar el mar de regreso y llegar a los países del sur de Europa, donde se había creado un mercado para colocarlo. Hacia mediados del siglo XVI, también los portugueses cruzaban el Atlántico para pescar bacalao en Terranova, y no mucho después comenzaron a hacerlo los vascos. Los españoles trajeron a América la costumbre de servir bacalao seco preparado de diversas maneras, en especial los días en que las prescripciones religiosas vedaban las restantes carnes.

Otra forma de capturar el agua de alimentos es hacer dulces, un recurso ideal para conservar frutas y algunos vegetales que tomó auge en el mundo occidental a partir del siglo XVII, con el cultivo en gran escala de caña de azúcar en las colonias europeas, principalmente las del Nuevo Mundo, aunque antes se hacía dulce con miel, usada para endulzar cuando casi no había azúcar de origen vegetal.

Las poblaciones precolombinas de los Andes recurrían a la *liofilización* (también llamada *deshidrocongelación*) para conservar la papa. El procedimiento consiste en congelar un producto y luego someterlo a condiciones por las que el agua se transforma de hielo en vapor sin pasar por la fase líquida, es decir, se sublima. En el laboratorio o la industria eso se consigue con una cámara de

Bacalao (*Gadus sp.*) seco y salado. Las piezas miden unos 80cm de largo. Foto Karl Ragnar Gjertsen, Wikimedia Commons.

Papas extendidas a la intemperie a orillas del lago Titicaca con el propósito de que la sucesión del frío nocturno y el calor diurno las convierta en chuño.

vacío y logra eliminar casi toda el agua del producto sin afectar mayormente su estructura molecular. Usado por la industria alimentaria, si bien el procedimiento es más costoso que otras formas de secado, evita calentar los alimentos y las consecuentes pérdidas de valor nutritivo y alteraciones del gusto que pueden sobrevenir. Otra de las ventajas es el poco peso de los alimentos liofilizados, que en ocasiones es esencial, por ejemplo, para escaladores y astronautas. La liofilización se emplea igualmente para producir ciertos cafés instantáneos.

En las tierras altas andinas, digamos por encima de los 3000m sobre el nivel del mar, de las que son originarias las papas que consumimos, se dan condiciones naturales para deshidrocongelar, aprovechadas tradicionalmente en la preparación de chuño, nombre que recibieron en esas regiones las papas deshidratadas por liofilización. Las papas se dejan a la intemperie y, durante la noche, cuando la temperatura baja de 0°C, el agua que contienen se congela, pero durante el día, por la acción del sol, la baja humedad relativa del aire y la reducida presión atmosférica, el agua se sublima y las papas deshidratadas adquieren una textura particular. Todavía hoy se prepara chuño así en Ecuador, Perú, Bolivia, el norte de Chile y el noroeste argentino. CH

Mariana Koppmann

Bioquímica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA.
Presidenta de la Asociación Argentina de Gastronomía Molecular.
marianakoppmann@gmail.com

¡NUEVO NÚMERO!

CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

¡PEDILA!

chicos@cienciahoy.org.ar

www.chicosdecienciahoy.org.ar

CHicosdeCienciaHoy

Tel.: (011) 4961 1824 y Fax: (011) 4962 1330

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