CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy

Ejemplar en la Argentina $100

Volumen 26 número 156 julio - agosto 2017

Machos de sobra

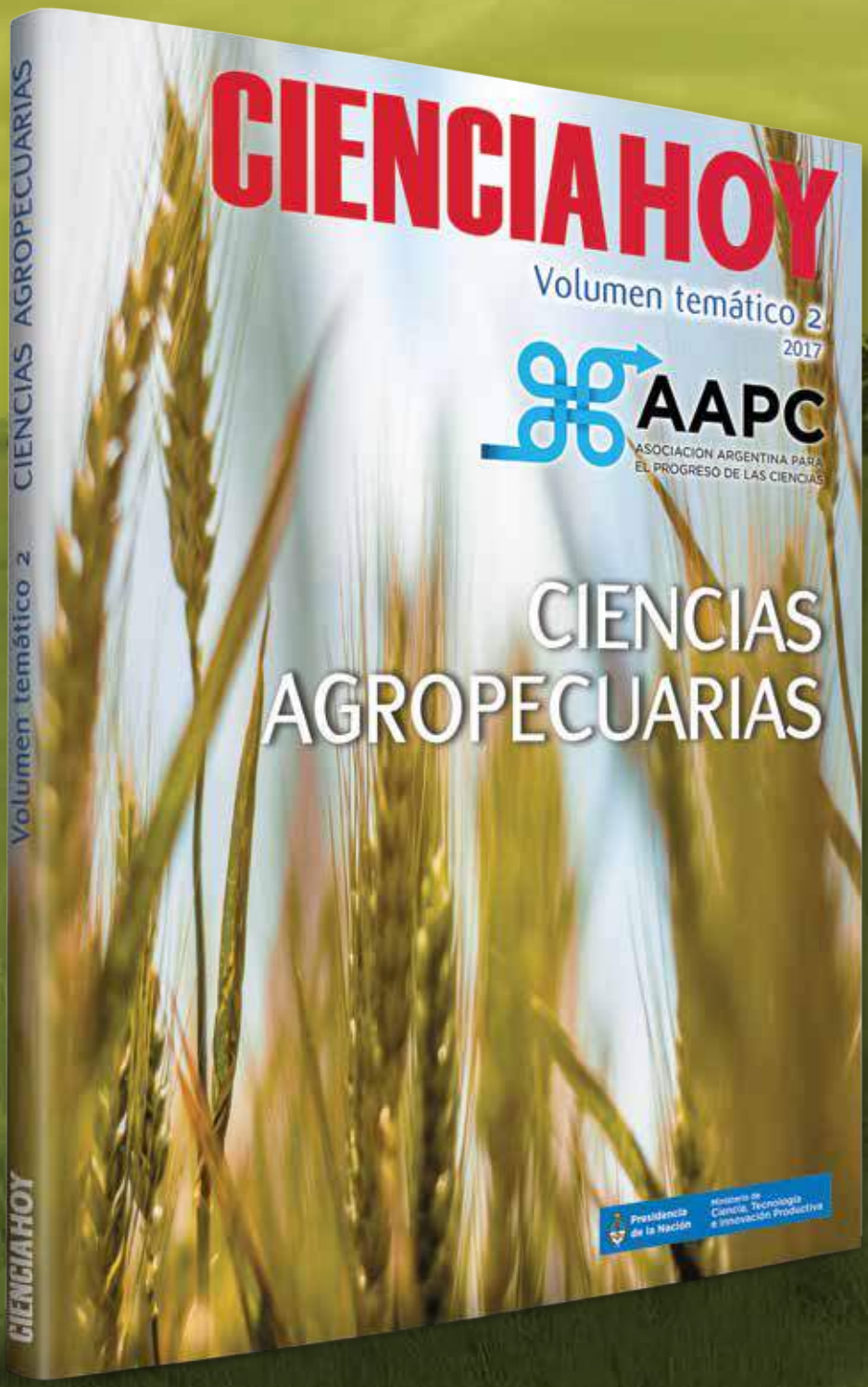
Proyecto Qubic

El puerto de Mar del Plata

La 'conquista del desierto'

ISSN 0327 - 1218

CIENCIA HOY continúa con la serie de volúmenes temáticos, con 200 páginas que comprenden 25 artículos sobre ciencias agropecuarias publicados en la revista.
Editores **María Semmartin** y **Martín Oesterheld**.



www.cienciahoy.org.ar contacto@cienciahoy.org.ar
RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 Fax (011) 4962 1330

Foto Ignacio Jonas, *Flickr.com*.

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Pablo Enrique Penchaszadeh

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

Sede: Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5º A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel.: (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
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA-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 –en uso de licencia–
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

Nicolás Pírez
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-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

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) 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, $650 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 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
Nº de registro DNDA 5345384

Diseño y realización editorial
Estudio Massolo
Callao 132, E.P. (C1022AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfono: (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, 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

Julio - agosto 2017
Volumen 26 - número 156

EDITORIAL

4 Electricidad y cuidado del ambiente

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

6 Volumen 3 - número 16
Noviembre - diciembre 1991

8 GRAGEAS

ARTÍCULO

13 Cambios de las playas por la construcción del puerto de Mar del Plata

Rubén A Medina

La construcción del puerto de Mar del Plata en un sector de costa carente de puertos naturales, que se comenzó en 1911 y estuvo a cargo de una experimentada empresa parisina, la Société Nationale de Travaux Publics, trajo importantes beneficios a la zona, pero también consecuencias ambientales adversas, a pesar de haberse recurrido a la ingeniería más avanzada de la época. Los esfuerzos por remediar esas consecuencias solo han tenido efectos parciales. Ambas situaciones se repiten en infinidad de obras de ingeniería costera de todo el mundo.

ESPACIO INSTITUCIONAL

20 CONICET dialoga

ARTÍCULO

25 Cómo los animales controlan sus movimientos

Lidia Szczupak

Los seres humanos toman en forma plenamente consciente las decisiones de realizar movimientos, pero los ejecutan de manera automática o inconsciente. Así, iniciamos el descenso de una escalera cuando nuestro cerebro resuelve que lo hagamos, pero luego bajamos sin pensar en qué escalón ponemos cuál pie (es más, si mientras avanzamos intentáramos tomar conciencia del detalle de nuestro movimiento, seguramente rodaríamos escalera abajo). Las neurociencias investigan cómo acontece lo anterior tanto en vertebrados como en invertebrados

EL PASADO EN IMÁGENES

31 Córdoba y Santiago del Estero entre 1870 y 1890

Ciencia Hoy

La llegada del Ferrocarril Central Argentino a Córdoba desde Rosario puede considerarse el inicio de la modernización de la provincia mediterránea. Se produjo el mismo año en que arribó a la ciudad, en la que vivió el resto de sus días, el empresario inglés George B Pilcher (1841-1909), quien, entre otros negocios, se dedicó al de la fotografía, y en tal carácter promovió la realización de la obra gráfica documental más importante del centro de la República en el siglo XIX (y posiblemente contribuyó él mismo a ella actuando como fotógrafo).

ARTÍCULO

39 Machos de sobra

Carlos Bernstein

En los seres humanos, lo mismo que en los demás mamíferos, las aves y otros organismos, la proporción relativa de machos y hembras que nacen depende del azar y, para grandes números de individuos, tiende a ser 50%. Pero no siempre es así: la evolución dotó a algunas especies de animales de la habilidad de captar señales del ambiente que desencadenan procesos por los cuales el sexo de las crías no resulta enteramente del azar y, en ciertas circunstancias, está predeterminado. Entre esas especies están las avispas de la familia *Agaonidae*, que polinizan los higos comestibles.

ARTÍCULO

45 ¿A qué se llama la 'conquista del desierto'?

Walter Delrio

A lo largo de las últimas tres o cuatro décadas fue cambiando en la Argentina el discurso académico sobre los pueblos indígenas, entre ellos, los que vivían en la región pampeana y norpatagónica. Estos mantuvieron múltiples relaciones de intercambio con la sociedad hispanocriolla, paralelos a disputas y conflictos que culminaron en las campañas militares de 1878-1885, conocidas como 'conquista del desierto'. ¿Qué fue esa conquista, cómo la veía la historia decimonónica y cómo la ven los historiadores actuales?

ARTÍCULO

53 QUBIC

Un experimento internacional de cosmología observacional con participación argentina

Integrantes argentinos de la colaboración internacional QUBIC

QUBIC es un proyecto de cosmología observacional o experimental orientado a medir la polarización de la radiación cósmica de fondo y buscar en ella la presencia de ondas gravitacionales producidas en las primeras etapas del Big Bang, lo que permitiría entender mejor las características del universo. Para hacerlo, un consorcio internacional del que participan instituciones argentinas está construyendo un complejo instrumento que será instalado en Alto Chorrillos, a unos 20km al oeste de San Antonio de los Cobres y alrededor de 200km de Salta, a 4900m de altitud, en un predio en que también será instalado un radiotelescopio argentino-brasileño denominado LLAMA (Large Latin American Millimetre Array).

ÍNDICE

61 Volumen 26

Errata. En el número anterior se deslizó un error en el correo electrónico de Agustina Rayes, la autora del artículo 'Productos y mercados de la Argentina agroexportadora'. El correcto es *arayes@utdt.edu*

Electricidad y cuidado del ambiente

La producción, distribución y aplicación de electricidad es una de las bases más importantes sobre las que se apoya la humanidad para cursar la actual época de su historia. La electricidad no está disponible en la naturaleza: se la obtiene a partir de los hidrocarburos fósiles, fisión nuclear, rayos solares, viento, agua que cae por acción de la gravedad y otras fuentes primarias, y ha resultado hasta ahora enormemente conveniente de manipular y de utilizar para muchos propósitos ubicuos en las sociedades actuales. Si en cualquier lugar del planeta alguno de los eslabones de la cadena eléctrica se deteriora, sobrevienen trastornos en la vida cotidiana que resultan por desventura familiares para muchos, y que demuestran de manera convincente la primera aseveración. El reemplazo de la electricidad no está hoy en el horizonte de lo previsible.

Al mismo tiempo, el mundo actual ha ido tomando penosamente conciencia de que una de las contracaras de la mejora del nivel de vida –en cuanto a salud, educación, confort, etcétera– de una población cada vez más numerosa es un deterioro creciente del ambiente, y esto ha llevado a una amplia y conocida movilización por conservarlo y protegerlo, la cual no carece de opositores, como lo indica la controvertida decisión del gobierno estadounidense de retirarse del acuerdo de París sobre la emisión a la atmósfera de dióxido de carbono.

Es sabido que esa emisión es una de las causas más preocupantes de daño ambiental, por ser la principal razón del aumento del contenido de ese gas en el aire en el último siglo, en especial en las recientes décadas, y del consecuente incremento del efecto invernadero que produjo su presencia en la atmósfera desde remotos tiempos geológicos, la cual, de hecho, permitió que apareciera la vida en la Tierra.

Entre las iniciativas prometedoras en aplicación en estos momentos para contener dichas emisiones de CO_2 están el incremento del uso de la electricidad para funciones, como el transporte, en que se queman combustibles fósiles en forma descentralizada; la producción de electricidad de maneras que no causen esas emisiones, por ejemplo, aprovechando las energías eólica, nuclear, geotérmica, mareomotriz e hidráulica, y sustituyendo por gas el carbón y los derivados líquidos del petróleo, con los que actualmente funcionan muchas plantas térmicas, pues sus emisiones son menores.

Es una decisión que merece ser apoyada, pero también debemos tener claro que no significa eliminar toda consecuencia ambiental adversa. La realidad es que no hay actividad humana alguna sin consecuencias ambientales, muchas favorables pero la mayoría nocivas. Las buenas decisiones, en consecuencia, son las que buscan el mejor resultado final neto de ventajas y desventajas, y tienen en cuenta, además, las restricciones de tipo económico y político que conforman el marco de las opciones posibles.

La generación de electricidad por quema de combustibles fósiles se hace en plantas llamadas térmicas porque como regla general transforman por combustión la energía de esas sustancias en calor, con el que se produce vapor de agua para accionar turbinas acopladas a generadores eléctricos. Algo similar sucede con los reactores nucleares, en los que no hay propiamente combustión (si bien se habla figurativamente de combustible nuclear) sino fisión de núcleos atómicos y desprendimiento de ingentes cantidades de calor que se emplean de igual manera.

Una característica que no siempre se tiene en cuenta es que no todo el calor se transforma en electricidad. Por razones técnicas, una parte significativa de ese calor, que varía con la eficiencia de diseño de cada instalación, queda sin uso y debe eliminarse disipándolo al ambiente. Así, no es raro que al describir una planta se hable de su potencia térmica y su potencia eléctrica, y se den dos valores bien diferentes.

En otras palabras, incluso las plantas térmicas con menores emisiones de CO_2 resultan a menudo ambientalmente nocivas porque en muchos casos se valen de cursos naturales de agua, como ríos y lagos, para disipar el calor sobrante. No es casual que las plantas nucleoeléctricas argentinas estén a la vera del Paraná o del embalse del río Tercero. La termoelectricidad tiene, pues, otras desventajas además del habitualmente citado venteo de CO_2 en las usinas que queman combustibles fósiles y, en las nucleares, el riesgo de radiaciones liberadas por accidente y la disposición final de los residuos de la fisión. Esas otras desventajas también deben incluirse en el análisis de beneficios y costos de cada proyecto.

En las plantas térmicas el agua que convertida en vapor mueve las turbinas circula en un sistema cerrado, sin contacto con fuentes de agua natural y, por ende, sin afectar mayormente el ambiente. Pero, luego de haber accionado

esos mecanismos, en muchos casos el calor sobrante se disipa con agua de un río, un estuario o el mar. Esa agua se toma del medio por bombeo y se hace circular dentro de la planta por tubos metálicos para enfriar y condensar el vapor del sistema cerrado y así recomenzar el ciclo. El agua de enfriamiento, por su lado, regresa al medio más caliente que cuando provino de él, si bien hay casos en que el calor se disipa al aire, en torres de enfriamiento, en cisternas o en lagos artificiales, lo que conforma un segundo sistema cerrado y morigera los efectos ambientales del sistema abierto.

En este último, la diferencia de temperatura entre el agua que se toma del medio y la que vuelve a él puede rondar los 12°C, para un volumen circulante –según el tamaño de la planta– de varios metros cúbicos por segundo, que puede alcanzar las decenas. Se ha estimado que el conjunto de las plantas termoeléctricas de los Estados Unidos succionan para sus sistemas de enfriamiento unos 1400 millones de m^3 por día, o 510.000 millones por año. Además, con el propósito de prevenir la corrosión de las instalaciones, evitar incrustaciones y combatir la adherencia de organismos, se le adiciona intermitentemente hipoclorito de sodio (lavandina) y sulfato ferroso.

Estudios que se citan al final, realizados en diversos lugares, indican que el agua natural entra en las plantas con una enorme cantidad de organismos en suspensión, desde cardúmenes a componentes del plancton, entre ellos camarones, moluscos y juveniles de peces, además de huevos y larvas de los anteriores, muchos de los cuales pueden tener valor comercial. La gran mayoría de esos organismos muere por efecto de la presión mecánica, el calor y los mencionados biocidas.

Los más vulnerables son los huevos y las larvas. En la usina termoeléctrica Planta Centro, sobre el Caribe venezolano, se ha registrado el pasaje diario de cerca de tres millones de huevos y larvas por el sistema abierto de enfriamiento. En el caso de que se trate de especies con valor comercial, eso significa una merma de los recursos explotables por las pesquerías artesanales o industriales. Además de esos efectos directos, pueden producirse otros indirectos o secundarios por la proliferación de detritos orgánicos en las aguas costeras a causa de la mortandad indicada, la cual ocasiona una modificación de la cadena trófica y altera el equilibrio existente entre especies carroñeras, predadoras y presas. También es un efecto observado que aparezcan especies que no estaban presentes en la comunidad preexistente, o a que las que sí lo estaban se vuelvan más abundantes o más escasas.

Por otro lado, el aumento de la temperatura de un sector de aguas costeras puede llevar a alteraciones serias de la biodiversidad local y hasta la desaparición de comunidades enteras. Y hay muchos casos registrados de la llegada de especies de aguas más calientes, por ejemplo, originarias de los trópicos, que vinieron adheridas al casco de barcos o en el agua de lastre de navíos interoceánicos, que encontraron en sectores de costas artificialmente caldeados un ambiente propicio para vivir y que se transformaron en especies invasoras, causantes de estragos significativos en el ambiente en el cual se establecieron.

Nos hemos detenido, a modo de ejemplo, en uno de los efectos ambientales poco conocidos de formas de producción eléctrica con ventajas indudables en cuanto a menor contaminación atmosférica por emisiones gaseosas. Hay otros que podíamos haber tomado, entre ellos los que se derivan del fuerte crecimiento de la minería del litio que produjeron los esfuerzos por reemplazar automóviles con motores de explosión por vehículos eléctricos. Ese crecimiento, que se localizó principalmente en el altiplano andino chileno, argentino y en menor grado boliviano, se debe a la necesidad de disponer de ese metal para fabricar baterías.

De la misma manera, la proliferación de las gigantescas turbinas eólicas conlleva una alteración importante del paisaje natural, incrementado por la necesidad de construir mayor cantidad de líneas de transmisión, efectos de los que no está tampoco libre el aprovechamiento de la energía solar por sistemas como las células fotovoltaicas. Y bien conocidas son las alteraciones ambientales que se han producido por la inundación de grandes áreas para dar lugar a embalses aguas arriba de represas hidroeléctricas, entre ellas la equistosomiasis que se extendió entre poblaciones ribereñas de esos embalses en la cuenca del Plata.

En síntesis, las decisiones en materia energética requieren considerar comparativamente soluciones alternativas que tienen un complejo entramado de efectos favorables y desfavorables. Son además decisiones que implican largos períodos de maduración y proyectos con extensa vida útil, que requieren enormes inversiones y comprometen el futuro por décadas. En adición a estar sujetas a las restricciones impuestas en todos los países, incluso los más ricos, por la omnipresente escasez de recursos que tienen usos alternativos, son decisiones colectivas que solo se pueden tomar por la acción del sistema político. En materia energética –como en muchos otros dominios de la vida– no hay fórmulas sencillas e infalibles pero, con esfuerzo y persistencia, podemos aspirar a encontrar soluciones inteligentes que contemplen tanto los intereses de las generaciones presentes como de las futuras.

La tarea de presentar estas cuestiones en toda su complejidad de modo de contribuir a un debate ciudadano rico e informado forma parte de las responsabilidades de la comunidad científica. CH

LECTURAS SUGERIDAS

PÉREZ NIETO H (ed.), 1989, *Contaminación e impacto ambiental marino costero*, Equinoccio, Caracas.

SCHUBEL JR & MARCY JR BC (eds.), 2012, *Power plant entrainment. A biological assessment*, Academic Press, Nueva York.

AAVV, 2008, *Understanding Entrainment at Coastal Power Plants*, California Energy Commission, disponible en *http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-500-2007-120/CEC-500-2007-120.PDF* 2008.

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY

Venise, de Charles Yriarte, París, 1878, y *Libro de horas*, Brujas, c. 1470, Biblioteca Nacional.

LA DESINCRONIZACIÓN DE LOS RELOJES BIOLÓGICOS

DANIEL P CARDINALI, DIEGO A GOLOMBEK Y ROBERTO A BONANI REY

Nuestro organismo manifiesta una actividad rítmica diaria que está sincronizada con el ciclo natural de veinticuatro horas y es incapaz de resincronizarse rápidamente cuando se producen cambios bruscos de las señales ambientales. Debido a que las exigencias de la vida contemporánea (por ejemplo, la creciente necesidad de instaurar turnos rotativos de trabajo) promueven frecuentes desajustes entre los ciclos biológicos y el reloj geofísico, resulta de particular interés encontrar los medios más adecuados para alcanzar una rápida resincronización de los relojes biológicos.

EN EL PAÍS DE NOMEACUERDO: LA SITUACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL EN LA ARGENTINA

CIENCIA HOY

Con la intención de divulgar el estado de desamparo en el que se encuentra gran parte del patrimonio cultural de la Argentina, así como el tipo de medidas que desde los distintos sectores de la sociedad se pueden implementar para revertir esta situación, Ciencia Hoy convocó a un grupo de especialistas en diversas áreas de las ciencias sociales y humanísticas. Los materiales propios del quehacer de historiadores, arqueólogos, antropólogos y estudiosos de las bellas artes se hallan expuestos no solo a los avatares del tiempo, sino también a la falta de previsión de las autoridades, quienes nunca han establecido una política coherente de conservación.

NUESTROS RECURSOS PESQUEROS: EL CASO DEL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL

LAURA TEDESCO

El ecosistema del Atlántico sudoccidental parece enfrentarse a una situación de agotamiento en razón de la explotación ictícola que llevan a cabo, por separado, la Argentina y el Reino Unido. El restablecimiento de las relaciones anglo-argentinas debería permitir la creación de un modelo de cooperación que optimice y racionalice la pesca en la región.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

LA INSOPORTABLE LEVEDAD DEL QUEHACER TAXONÓMICO

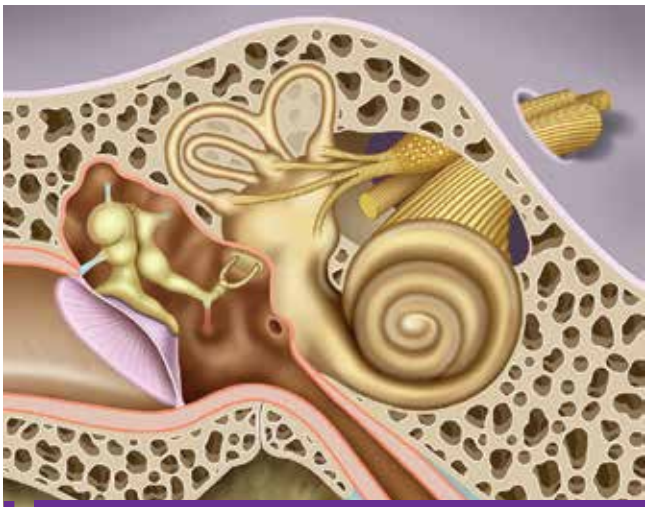
JUAN J MORRONE

En *La búsqueda del método natural*, el biólogo mexicano Jorge Llorente Bousquets ofrece un panorama conciso y una visión histórica del quehacer de la taxonomía biológica. Así analiza sus conceptos y métodos, y los aspectos más destacados de la controversia que envuelve en la actualidad a esta disciplina.

CONSTANTES, ECLIPSES, NEUTRONES Y ALMEJAS

PABIO SISTERNA Y HÉCTOR VUCETICH

¿Son inmutables las leyes de la naturaleza? Esta pregunta se remonta a los orígenes de la filosofía griega. La física moderna intenta contestarla a través del estudio de la posible variación secular de las llamadas constantes fundamentales



EL SISTEMA VESTIBULAR

OMAR MACADAR Y HAMLET SUÁREZ

Los llamados receptores vestibulares, que se encuentran ubicados en el oído interno, son de importancia fundamental para la determinación de la postura y el mantenimiento del equilibrio. Sin embargo, solo cobramos verdadera conciencia de su función cuando alguno de ellos resulta alterado, pues se experimentan entonces malestares desagradables como náuseas, vómitos, movimientos anormales de los ojos y vértigo.

SELVAS SUBTROPICALES DE MONTAÑA

ALEJANDRO D BROWN Y SANDRA E MURRIELLO

Las selvas subtropicales de montaña del noroeste argentino, aún poco conocidas y valoradas, conforman una fuente de recursos de primer orden. Es necesario promover su estudio y adoptar medidas que aseguren su conservación a fin de garantizar la calidad de vida de sus pobladores y proteger su riqueza genética.

ALLEN G DEBUS: UNA VISIÓN DE LA REVOLUCIÓN QUÍMICA

CARLOS AL FILGUEIRAS Y ROBERTO DE CARVALHO

El renombrado historiador de la ciencia Allen G Debus, de la Universidad de Chicago, expone su propia versión de la revolución científica iniciada en Europa en el siglo XVI. En particular, Debus concibe la revolución química como un largo proceso que se inicia con la iatroquímica de Paracelso y culmina con los trabajos de Lavoisier, y que abarca, por tanto, un período de 250 años.

GAIA: LA TIERRA VIVE

TOMÁS BUCH

Hace poco más de veinte años, JE Lovelock proponía que la Tierra no es el soporte más o menos inerte de la biosfera, sino que conforma, en su totalidad, un enorme organismo viviente. Como tal, posee la propiedad esencial de los seres vivos, la estabilidad homeostática, que le permite mantener las condiciones que su existencia requiere. La llamada 'hipótesis Gaia' ha despertado intensas polémicas desde su aparición.

Bosques secos estacionales en los trópicos

En la América tropical, desde México y las islas del Caribe hasta la Argentina, existen formaciones boscosas con características propias que llaman la atención de los investigadores desde hace años. Aparecen sobre el mapa en forma altamente fragmentada y tienen una estación seca de entre tres y seis meses, en la que llueve menos de 100mm mensuales y numerosos árboles pierdan sus hojas. Mediante datos del registro fósil y estudios filogenéticos se ha estimado que esos bosques pudieron haber aparecido hace unos 1,8 millones de años, durante el Pleistoceno, aunque también es posible que sean bastante más antiguos.

A lo largo de años de observación y estudio, los científicos notaron que dichos bosques secos estacionales son peculiares por su diversidad y su composición de especies. A pesar de haberse identificado en ellos numerosos árboles que solo se encuentran en determinados sitios (denominados técnicamente *endemismos*), varias familias son dominantes en toda su distribución geográfica. Para explicar esto se recurrió a la *teoría de los refugios*, del ornitólogo alemán Jürgen Haffer (1932-2010), quien postuló en 1969, a partir del estudio de las aves de la selva amazónica, que los cambios climáticos durante la era glaciar determinaron la variabilidad de la biodiversidad en esa selva. Se puede deducir, entonces, que las zonas donde están las áreas boscosas comentadas en esta nota, al recibir abundantes lluvias, se habrían cubierto de bosques húmedos, refugio de numerosas especies. Pero debido a los cambios climáticos, podrían haber aparecido después áreas más secas y en ellas se habrían expandido estos bosques, los que incluso podrían haber cubierto extensiones continuas, en contraste con su fragmentación actual.

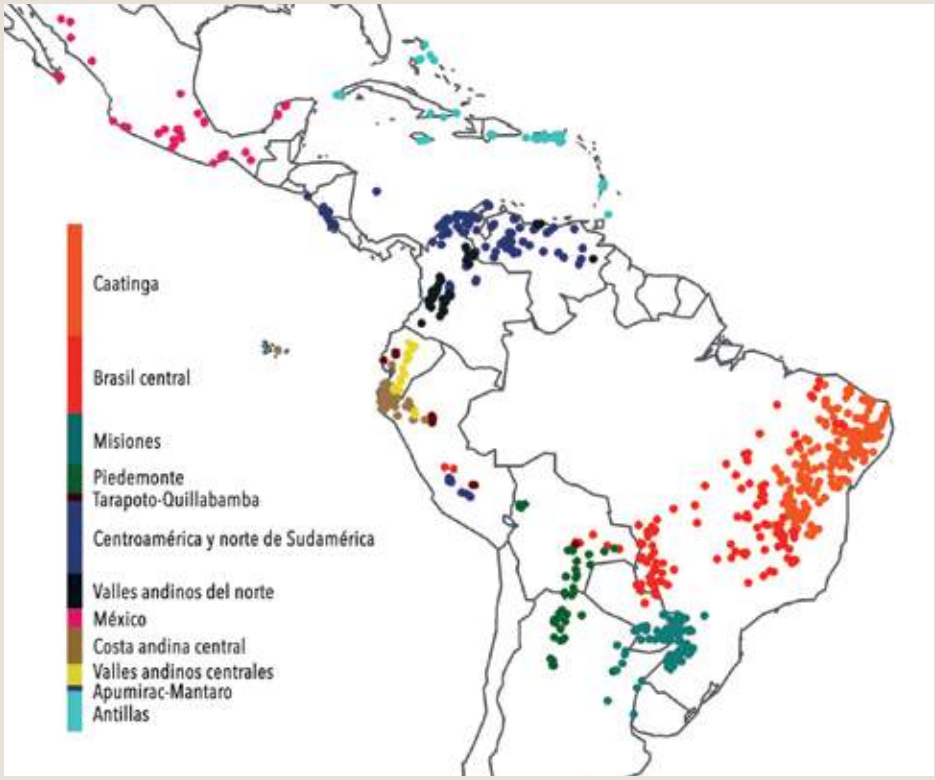
En estos momentos un extenso grupo de investigadores de instituciones europeas y americanas –entre ellas las universidades nacionales de Rosario y de Salta en la Argentina– procura comprender la flora de los bosques secos estacionales de los trópicos americanos y promover su conservación. Reunió una extensa base de datos sobre 4660 especies leñosas recogidas en 835 inventarios florísticos indicados en el mapa, y llevó a cabo un análisis que apunta a determinar si el patrón de distribución de las especies está relacionado con el advertido en el Amazonas. Mediante métodos estadísticos comparativos, el grupo determinó que en los bosques secos estacionales americanos se pueden definir doce grupos florísticos que se diferencian netamente en su composición. Al mismo tiempo, entre el 23 y el 73% de las especies son exclusivas de cada grupo, lo que significa un nivel alto de endemismos.

Hoy estos bosques, que han quedado reducidos al 10% de su extensión original, se encuentran en un estado crítico de conservación, con escasas áreas intactas e ínfimas protegidas. Su escala continental plantea la necesidad de un programa regional de conservación, que contemple especialmente sus partes desprotegidas y modificadas por la agricultura y la ganadería, como ciertas zonas de Perú (por ejemplo, Apurímac-Mantaro y Tarapoto-Quillabamba). La ausencia de protección traerá como consecuencia, entre otras, la pérdida de especies únicas. CH

Julieta A Mirabelli
julieta_mirabelli@yahoo.com.ar

Más información en BANDA-R K *et al.*, 2016, 'Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications', *Science*, 353, 6306: 1383-1387, doi: *10.1126/science.aaf5080.*

Distribución geográfica aproximada de los bosques secos estacionales americanos. La longitud de las barras coloreadas es aproximadamente proporcional a la extensión cubierta por cada tipo de bosque.



¿Cuánto podemos vivir?

El incremento del bienestar en todo el mundo elevó de forma sostenida la expectativa de vida de los seres humanos. En términos globales, esa expectativa continúa creciendo a fuerza de mejorar las condiciones de vida de las poblaciones más vulnerables. La vacunación, la asistencia médica primaria, el acceso al agua potable y a una alimentación balanceada son medidas que se busca hacer llegar al total de la población. Pero en los países industrializados la esperanza de vida dejó de crecer en los últimos años. Esto se debe, entre diversas causas, al aumento de ciertas enfermedades no transmisibles, como las patologías asociadas con una mala alimentación, la sobrealimentación y el sedentarismo.

A la luz de este cambio en la distribución de las edades en las que las personas mueren, se han generado controversias acerca del límite de edad válido para nuestra especie. La esperanza de vida máxima se considera como una característica estable de las especies animales, al contrario de lo que ocurre con la esperanza de vida promedio. Para los humanos, el máximo comprobado corresponde a Jeanne Calment (1875-1997), quien vivió hasta los 122 años en Arles, en Provenza. Sin embargo, estudios en organismos modelo demostraron que este máximo puede modificarse mediante alteraciones genéticas y farmacológicas.

Una publicación reciente, que sugiere la existencia de una edad máxima de vida en humanos, puso en discusión estas cuestiones. Algunos investigadores niegan que haya tal límite y argumentan que las herramientas disponibles de la estadística matemática no permiten medirlo. Otros sugieren, con argumentos sólidos, que los avances tecnológicos y el aumento promedio de la expectativa de vida permitirán con el tiempo que se eleve la expectativa máxima de vida.

Esta última hipótesis se puso a prueba partiendo de que, si tal límite no existiera o no fuera observable, las personas con mayor sobrevida deberían con el tiempo morir a edades cada vez mayores. Pero lo observado en países con buena información estadística refuta esta hipótesis, pues el lapso de sobrevida de los más ancianos llegó a un pico en 1980 y no aumentó desde entonces.

La idea de que exista un límite natural no implica que esté regulado genéticamente, ya que un mecanismo como este no podría haberse seleccionado directamente durante nuestra evolución dado que muy pocos individuos alcanzan esa edad. En condiciones protegidas de vida, un ratón no sobrepasa los 1000 días de vida, un perro vive aproximadamente 5000 y los humanos alrededor de 29.000. Este hecho indica que los relojes internos que miden el tiempo desde la concepción son distintos y están regulados por programas genéticos que establecen tiempos de desarrollo, crecimiento, maduración y reproducción, y son producto de 3700 millones de años de evolución. Pero esos relojes no regulan la edad de la muerte, si bien el envejecimiento es un efecto colateral de ellos. La discusión está abierta. CH

Jeanne Calment en 1895 y 1995, con 20 y 120 años.

Federico Coluccio Leskow
federico@cienciahoy.org.ar

Más información en OLSHANSKY SJ, 2016, 'Ageing. Measuring our narrow strip of life', *Nature*, 538: 175-176, doi: *10.1038/nature19475*, y en BROWN JL, ALBERS CJ & RITCHIE SJ, 2017, 'Contesting the evidence for limited human lifespan', *Nature*, Brief Communications Arising, 546: E6-E21, doi: *10.1038/nature22784*.

Choquemos los cinco

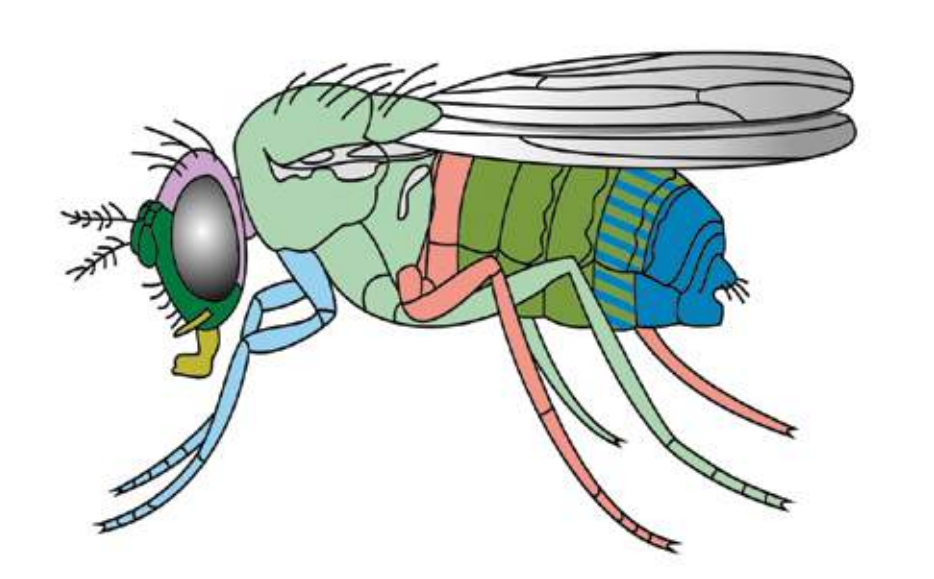
Como se sabe, en la base de la expresión coloquial del título está el hecho de que tenemos cinco dedos en cada mano. ¿De dónde vienen esos cinco dedos, que compartimos con la mayoría de los tetrápodos, es decir con un grupo de vertebrados dotados de dos pares de miembros locomotores, el que comprende a los mamíferos, los anfibios, los reptiles y las aves (en estas la evolución convirtió a los miembros anteriores en alas)? Cuando aparecieron los primeros tetrápodos en la era paleozoica, hace unos 380 millones de años, vivían en el agua. Pero rápidamente (en el lapso de unos diez millones de años) se aventuraron sobre tierra firme gracias a una innovación morfológica mayor: la aparición de adecuados miembros locomotores por transformación en patas de las aletas de sus ancestros, los peces.

En estos cambios, desempeñó un papel fundamental una familia de genes llamados *homeóticos*, o *genes hox*. Desde invertebrados, como las lombrices planas o *planarias* y las moscas, hasta vertebrados, estos genes determinan la organización corporal de los animales con simetría bilateral con respecto a ejes, como el que corre de la cabeza a la cola (o *eje cráneo-caudal*) o el que va de adelante hacia atrás (o *eje antero-posterior*). Gracias a ellos tenemos la cabeza, los brazos, el tórax, el abdomen… en su lugar. Las mutaciones de los genes hox tienen efectos espectaculares: pueden dar lugar, por ejemplo, a moscas que poseen patas en lugar de antenas.

Los genes hox se encuentran juntos en un cromosoma en un orden que está correlacionado con su función, es decir, con la manera en que regulan el organismo. Así, el desarrollo de las distintas partes del cuerpo con respecto a dichos ejes depende de la activación o encendido de los genes hox responsables de cada segmento. El proceso de encendido y apagado de genes se conoce como *regulación de la expresión génica*, algo requerido para el correcto desarrollo embrionario, entre otras funciones. Los estadounidenses Edward B Lewis (1918-2004) y Eric F Wieschaus (1947-) y la alemana Christiane Nüsslein-Volhard (1942-), justamente, recibieron el premio Nobel de fisiología o medicina de 1995 por sus investigaciones sobre el control genético del desarrollo embrionario en el que intervienen los genes hox.

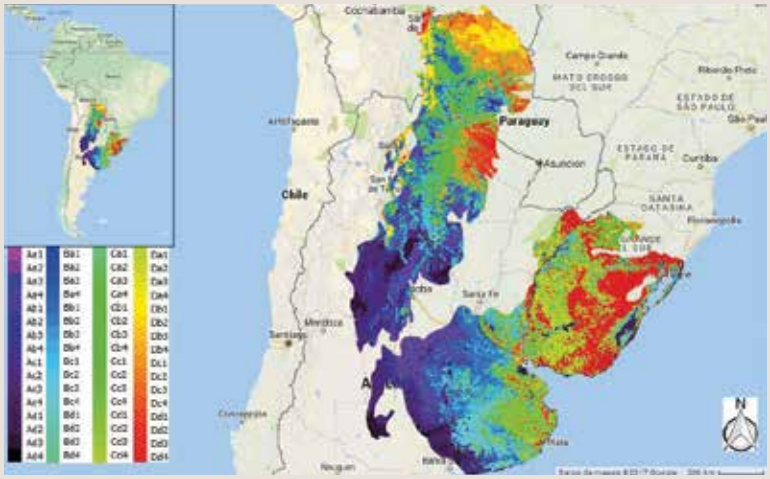
En los vertebrados, un grupo de genes hox que se originaron por duplicación regula la diferenciación de distintos segmentos de los miembros, entre ellos el brazo, el antebrazo, la mano y los dedos. La inhibición mutua entre esos genes resulta indispensable para la formación de cinco dedos y no más. Si se impide en ratones dicha inhibición mutua, pueden nacer *polidáctilos*, como se denomina generalmente a los que tienen más de cinco dedos. Mediante ingeniosos experimentos se concluyó que es indispensable que solo un gen hox se exprese por célula en un momento preciso del desarrollo de las extremidades para que un tetrápodo tenga cinco dedos. Si no es así, el animal será polidáctilo. Los estudios de fósiles demuestran que los primeros tetrápodos tenían entre seis y ocho dedos. ¿Por qué la mayoría de los tetrápodos actuales no tiene más que cinco? El proceso de regulación mutua de los genes hox comienza a contestar esa pregunta o, por lo menos, a develar algunos mecanismos en juego. Pero saber qué explica estos resultados de la evolución no está hoy aún a nuestro alcance. CH

Más información en 'Les secrets dévoilés des gènes qui nous donnent cunq doigts… et pas un de plus', *La Recherche*, 516, diciembre de 2016, y en Gehring WJ, 1998, *Master Control Genes in Development and Evolution, The Homeobox Story*, Yale University Press.



Esquema de una mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) en el que los distintos colores indican las partes de su cuerpo gobernadas por cada uno de ocho genes del cromosoma 3 del insecto. (Este mide entre 2 y 2,5mm; los machos son algo más pequeños). Wikipedia Commons

Para conocer la Tierra



Tipos funcionales de los ecosistemas del Chaco semiárido y pastizales del Río de la Plata. Los tipos funcionales de ecosistemas revelan la productividad de la vegetación y su variación estacional e interanual. El mapa fue derivado de datos satelitales disponibles en Google Earth Engine. Cada pixel tiene 5ha y sintetiza 23 datos anuales desde 2000.

Quienes estudiaban la vegetación en la Argentina hace cuarenta años usaban fotos aéreas tomadas unos veinte años antes. Ocasionalmente, contaban con imágenes satelitales de alguna porción del planeta. Para obtener datos climáticos elementales (temperatura media, precipitación, radiación incidente) debían gestionar una carta oficial y copiarlos con papel y lápiz en las oficinas del Servicio Meteorológico. Conseguían datos topográficos en forma de cartas de curvas de nivel, pero para diversas porciones de la Argentina no las había. Con el tiempo, la información se hizo más accesible, pero siguió algo dispersa y relativamente escondida. Google Earth Engine (*https://earthengine.google.com/*) ha cambiado totalmente lo anterior.

Seguramente el lector usa de modo habitual los mapas de calles y la vista satelital que ofrece Google Earth. ¿Qué novedad trae Google Earth Engine? Sucede que muchas investigaciones de disciplinas como las ciencias de la tierra y la atmósfera, la biología, las ciencias agrarias y la sociología requieren bastante más que ver una imagen de la Tierra. Necesitan datos sobre suelos, vegetación, clima, topografía, población, biodiversidad, emisiones de gases, transformación de la energía, entre otros, que permitan advertir y cuantificar tendencias, sonar alarmas, sugerir decisiones.

Esta es la novedad de Google Earth Engine, pues consiste en una plataforma de internet que reúne una enorme cantidad y diversidad de datos, la mayoría de los cuales cubre toda la superficie terrestre, y brinda capacidad informática para procesarlos. Una alta proporción son imágenes satelitales. Imagine la Tierra dividida en cuadrados de 30m de lado. Agregue a cada cuadrado una decena de datos que describen formas terrestres y acuáticas, nubes, vegetación, temperatura, etcétera. La foto inicial de ese cuadriculado archivada en la plataforma data de mediados de 1982, a partir de cuando y hasta hoy se agregó otra cada 16 días, de donde resultan casi 800 instantáneas, cada una con una decena de datos, para unos cinco mil millones de celdas del emparrillado. Este es solo uno de los conjuntos de datos disponibles gratuitamente en Google Earth Engine, provistos por las imágenes Landsat. Otros conjuntos se refieren a topografía, temperatura, precipitación, suelo, productividad, población, etcétera.

Usar Google Earth Engine no es tan sencillo como Google Earth o Google Maps. Hace falta saber algo de programación y de sistemas de información geográfica. Un pequeño esfuerzo para un gran premio. Por ejemplo, en el tiempo que habría llevado escribir la carta oficial para pedir datos climáticos al Servicio Meteorológico de entonces, se pueden obtener tres mil millones de datos de temperatura superficial en la Argentina, dos por kilómetro cuadrado cada ocho días desde 2000 hasta la fecha. ¿Preocupado porque su vieja computadora no podrá procesar tanta información, por ejemplo, determinar la temperatura media anual de cada kilómetro cuadrado del país? Hacerlo requiere promediar la temperatura de la madrugada y la tarde de cada día 45 veces para cada uno de 17 años y cada uno de los dos millones de km^2 del territorio. Tranquilícese: solo tiene que pedirlo y lo hará en minutos, incluido un mapa que grafique los resultados, algún procesador que está esperando sus instrucciones día y noche en algún lugar del mundo. Para un investigador, es como tener la lámpara de Aladino en el escritorio. CH

Martín Oesterheld
oesterhe@agro.uba.ar
Camilo Bagnato
bagnato@agro.uba.ar

Más información en ALCARAZ-SEGURA D *et al.*, 2013, 'Environmental and Human Controls of Ecosystem Functional Diversity in Temperate South America', *Remote Sensing*, 5: 127-154, doi: 10.3390/rs5010127, *http://www.mdpi.com/2072-4292/5/1/127*.

Vista parcial de la playa Varese, ubicada entre aproximadamente la altura de avenida Colón y la de la calle Bernardo de Irigoyen. Foto Esteban Zárate, Wikimedia Commons.

Rubén A Medina
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA

Cambios de las playas por la construcción del puerto de Mar del Plata

Es sabido que Mar del Plata, fundada en 1874, es una de las principales ciudades portuarias del país. Desde antes de esa fecha, el sitio costero de Punta Iglesia era conocido como puerto Laguna de los Padres. El puerto actual, ubicado al sur del centro urbano, es una obra de ingeniería que permite atender tráfico de ultramar y tiene a la pesca como principal actividad, acompañada en menor medida por el movimiento de contenedores. Incluye también una modesta terminal para combustibles líquidos y un limitado atraque de cruceros de turismo. Desde hace varios años está fuera de servicio la antigua instalación para embarque de cereales.

El puerto fue y sigue siendo relevante en la historia, la economía y la cultura marplatenses. No obstante, su construcción a principios del siglo XX tuvo como consecuencia la erosión de las playas cercanas, pues la estructura modificó sustancialmente la dinámica de la circulación de las aguas costeras. En la época no se había tomado conciencia –como comenzó a suceder hacia 1960– de la magnitud de los cambios ambientales que pueden provocar las grandes obras públicas, y de la necesidad de preverlos y controlarlos, por lo que el tipo de efecto que comentamos es común en todo el mundo.

Alteración de la dinámica litoral

En la costa bonaerense en la que se estableció la ciudad de Mar del Plata, como en muchos otros sectores costeros, un conjunto de factores entre los que se pro-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Consecuencias beneficiosas e indeseadas del progreso y de las obras de ingeniería que lo permiten y acompañan.

Sector de costa afectado a partir de 1911, después de la construcción del puerto de Mar del Plata. Hacia el norte de la obra, predominaron los procesos de erosión marina; hacia el sur, los de acumulación.

ducen complejas interacciones, como los ríos o arroyos que desembocan en el mar, el viento y las olas marinas, generan corrientes litorales paralelas a la costa, denominadas *corrientes de deriva*, que trasladan sedimentos, un fenómeno conocido por *deriva litoral*. Los ríos y arroyos solo aportan sedimentos a las aguas costeras, pero los restantes factores pueden tanto proporcionarlos como sustraerlos, con el resultado neto de que las olas y las corrientes los depositan en la costa o los extraen de ella. Ese resultado neto depende de cuáles factores prevalezcan y, para cualquier sector de costa, el balance que resulta puede ser positivo si la cantidad de sedimentos que ingresa es superior al que sale, con lo que la costa tiende a avanzar sobre el mar; o puede ser negativo si sucede lo inverso y el mar tiende a avanzar sobre el sector costero. Si el balance es nulo, la costa tiende a mantenerse en equilibrio.

La interrupción artificial de la deriva litoral por obras de ingeniería altera el balance anterior a ellas. En la costa del sudeste bonaerense, los vientos del sur y sudeste crean secuencias o *trenes de olas* dominantes en dirección oblicua a la línea de costa, con una deriva litoral que se desplaza de sur a norte, según la dinámica que muestran los gráficos de la página 16, de entre unos 200.000 y 700.000m³ de sedimentos por año, volumen nada despreciable que equivaldría al de un edificio de entre 7 y 23 pisos de alto que ocupase enteramente una hectárea.

En Mar del Plata, con la interrupción parcial de la deriva litoral preexistente en la zona por la construcción del puerto, parte del material transportado por las olas, al no poder seguir con su recorrido hacia el norte, se depositó antes de la escollera sur del puerto y, por eso, generó allí las amplias playas del balneario Punta Mogotes. A su vez, la deriva litoral que siguió su rumbo tomó material de la costa al norte de la otra escollera, en la que no dejó similar cantidad en compensación, pues el que hubiese trasladado sin el puerto, con la presencia de este había quedado en las playas del sur. Por consiguiente, se produjo una erosión y un retroceso de las playas de la zona norte, en forma parcialmente simétrica al avance de las de la zona sur.

Otra alteración ocasionada por la construcción del puerto fue la recurrente formación de un banco de arena en su boca, provocado por el cambio de dirección o *difracción* del tren de olas que causa la escollera sur. La difracción se produce cuando un obstáculo o pantalla retiene las olas y el resultado es que aquellas que pasan por los costados sufren cambios de dirección y pérdidas de energía que provocan el depósito de parte de los residuos sólidos que venían arrastrando. El mencionado banco es un impedimento para la navegación, el cual se morigera a cierto costo dragando y transportando la arena mar adentro, lejos de las corrientes litorales, o aprovechándola como material de construcción en la ciudad.

Otro efecto de la construcción portuaria es el transporte de sedimentos por corrientes perpendiculares a la costa que se dirigen hacia el mar, denominadas *corrientes de retorno* (*rip currents*). En el sector del puerto, estas se generan debido a que la escollera sur obstruye las corrientes litorales paralelas a la costa. Durante las tormentas –las denominadas sudestadas–, al llegar las olas con mayor energía a la costa, esas corrientes de retorno transportan sedimentos mar adentro, los cuales por lo general no vuelven a la costa llevados por las olas normales cuando regresa el buen tiempo, y resultan así sustraídos de la deriva litoral, con la consiguiente repercusión en el balance sedimentario final.

Por la suma de estos efectos, Mar del Plata registró una erosión costera que se extendió de las playas céntricas a los acantilados sitos más al norte. La razón por la cual lo último se produjo es que disminuyó allí la arena de las playas debido a que, luego de la construcción del puerto, las corrientes litorales llegan con menos sedimentos –pues estos quedaron retenidos más al sur– y en consecuencia toman de las playas parte de la arena faltante. Con ello, disminuye la arena de las playas y se produce un embate más frecuente del oleaje sobre los acantilados, que da lugar al incremento de su erosión.

Desde que comenzaron las obras del puerto en 1911 se produjo un retroceso promedio que en el siglo XX alcanzó 1 a 6m anuales en los acantilados ubicados al norte del casco urbano, y aproximadamente 2 a 6m/año en Santa Clara del Mar (1958-1975), 2m/año en Camet Norte (1958-2009), 1,5m/año entre el balneario anterior y Mar de Cobo (1965-2012) y 5m/año en el balneario Mar Chiquita (1949-2007), con retrocesos locales mayores. Estos datos surgen de mediciones realizadas en las últimas décadas tanto directamente en el área como sobre mapas, fotografías aéreas e imágenes satelitales por diferentes investigadores, incluido el autor de este artículo.

Obras de defensa costera

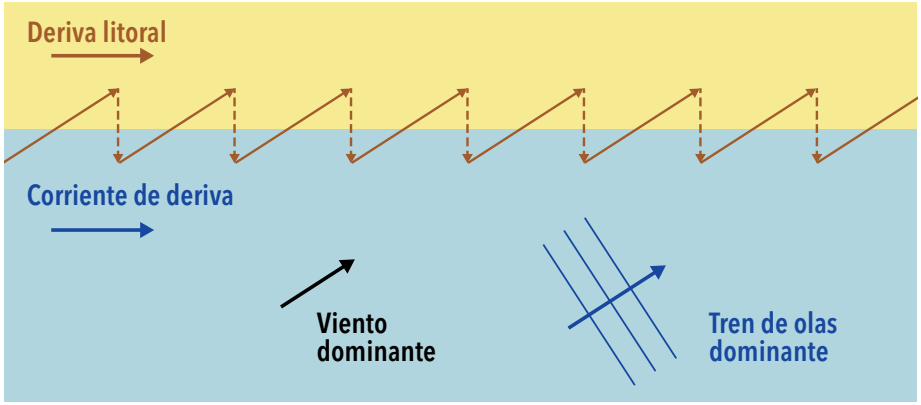
A partir de la construcción del puerto se fueron realizando, primero en la ciudad y luego en los restantes balnearios, diversas obras de ingeniería para contrarrestar la erosión. En algunos sectores se intentó mitigar o incluso revertir la situación, y recuperar total o parcialmente la playa perdida, mediante la construcción de espigones de diversas formas y de rompeolas. En otros sectores se buscó limitar la erosión por medio de paredones verticales e inclinados, montículos y revestimientos de bloques de roca y, en menor proporción, de hormigón armado.

En diversa medida estas obras lograron cumplir localmente con su cometido, pero no solucionar el problema general. La solución para unos significó el traslado magnificado del trastorno a otros. La razón de que esto suceda es que los espigones perpendiculares a la costa interrumpen la deriva litoral en forma similar a lo que hace la escollera del puerto. Incluso es posible que el conjunto de espigones genere un mayor traslado de sedimentos hacia el mar durante las tormentas, debido a las corrientes de retorno. Por su parte, los rompeolas dispuestos en forma paralela a la orilla a cierta distancia

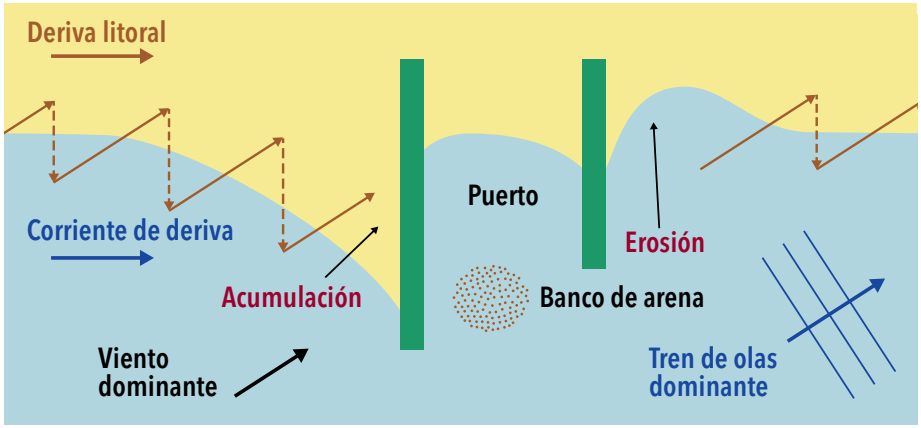
El color de las aguas, debido a la arena u otros sedimentos que transportan, denuncia la existencia de deriva litoral, la cual corre por una franja que sigue a la línea de costa y más allá de la cual el mar toma su color normal.

de esta acumulan material por detrás, a causa de la difracción de los trenes de olas. A su vez, se incrementa la pendiente de las playas situadas frente tanto a los rompeolas como a los paredones, debido al cambio brusco en la dirección de propagación de los trenes de olas –fenómeno conocido como *reflexión de las olas*–, con el consiguiente traslado de sedimentos hacia el mar.

Dada la dinámica litoral explicada, en las defensas costeras, igual que en el puerto, los procesos de erosión se producen al norte de las obras y la acumulación de arena tiene lugar por lo general al sur de ellas. Así, para tomar un ejemplo, en noviembre de 2011 se construyó un espigón de 56m de longitud al norte del balneario Camet Norte, con el fin de proteger un predio privado de la erosión costera. En poco tiempo se observó acumulación de arena al sur de la estructura, con lo que se logró así la protección buscada, pero también se verificó la carencia de arena del lado norte del espigón, donde la playa nunca recuperó el nivel de arena que tenía antes de la obra. Con menos playa, las olas comenzaron a llegar con más frecuencia, mayor altura y por ende más energía a los acantilados, los que resultaron erosionados en mayor medida que antes.



Esquema del característico movimiento en zigzag de los sedimentos, en especial arena, transportados a lo largo de la costa por la corriente de deriva. Al romper las olas sobre la playa, trasladan la arena en dirección perpendicular al tren de olas, y cuando estas se retiran el agua con arena cae hacia el mar en la dirección de máxima pendiente de la playa, perpendicular a la línea de costa.



Esquema de los cambios en la dinámica de los sedimentos costeros producidos por la construcción de un puerto con dos escolleras (en verde) como el de Mar del Plata. Corriente arriba del puerto se acumula arena, corriente abajo de él se produce erosión y retroceso de la playa, mientras que la boca del puerto se embanca. Si el esquema se aplicase al puerto nombrado, el norte estaría del lado derecho del croquis.

Un posible remedio

Hasta alrededor de 1960 prevalecieron en todo el mundo las obras de ingeniería de protección del tipo de las descriptas, denominadas genéricamente técnicas duras. El mayor conocimiento gradualmente adquirido acerca del transporte litoral de sedimentos, junto con las evidentes desventajas de esas técnicas, posibilitó que, a partir de las décadas siguientes, se impusieran de manera paulatina las llamadas técnicas blandas, más armónicas con el medio y carentes de estructuras rígidas.

Una de la más utilizadas es la recarga artificial de las playas, que emplea arena de la calidad apropiada obtenida de sitios en los que su extracción no debería generar demasiados trastornos al ambiente. Se la puede extraer, por ejemplo, del fondo marino cercano a la costa, del que se recoge por dragado de materiales sólidos para su envío a la playa por cañerías en una emulsión con agua, un procedimiento que se conoce como *refulado hidráulico*. A diferencia de las obras de ingeniería dura, las de este tipo no obstruyen la deriva litoral y, en consecuencia, no trasladan la erosión a sectores ubicados aguas abajo (para usar la expresión habitual en ríos) de las corrientes costeras, como lo hacen los mencionados espigones, rompeolas y otras defensas.

La recarga artificial de playas solo mitiga la erosión que se produce en las playas que se tratan, pero no garantiza la estabilidad permanente de ellas, pues cada tormenta elimina parte del material incorporado. Por tal razón, es necesario repetir la recarga periódicamente, lo cual constituye una de las principales desventajas del método, dado que a lo largo del tiempo se generan significativos costos de mantenimiento.

Entre noviembre de 1998 y abril de 1999 se realizó un refulado hidráulico en las playas marplatenses, con una in-

versión de unos 30 millones de dólares. Se extrajeron unos 2,5 millones de m³ de arena, principalmente de la boca del puerto, y se los volcó mediante un sistema de cañerías sobre las playas céntricas de la ciudad. Debido a la magnitud y a las características de la obra, esta significó un cambio importante con relación a las distintas medidas de manejo que se venían aplicando en ese sector costero.

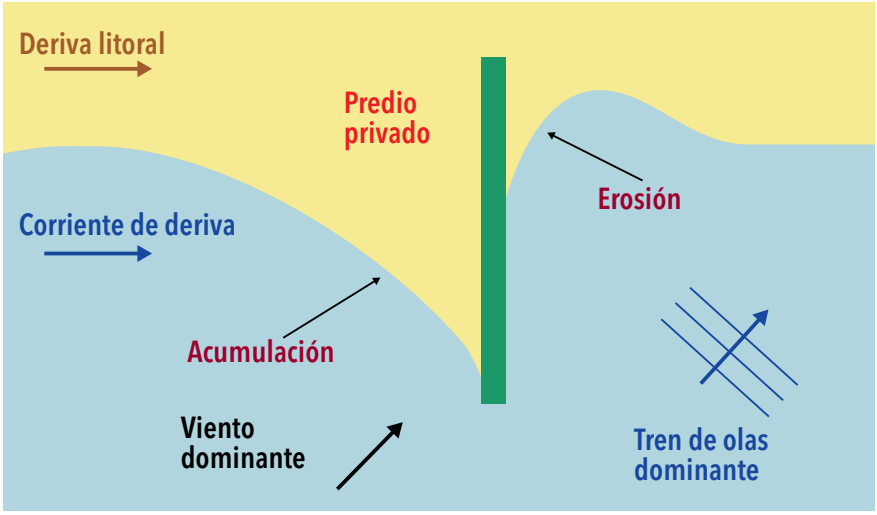
Si bien el refulado hidráulico se generalizó en las últimas décadas, sobre todo en los países desarrollados, también puede ocasionar problemas ambientales que no deberían ignorarse. Así, la extracción de arena de la boca del puerto de Mar del Plata dispersó contaminantes sobre las playas céntricas de la ciudad. También, en el lugar del que se saca la arena pueden producirse perjuicios a los peces y demás variadas formas de vida que habitan en el agua o residen en el fondo, tanto por la acción mecánica de la draga y por el aumento de la turbidez del medio debido a la succión de las cañerías, como por la expulsión de seres acuáticos a la playa seca. Problemas equivalentes, con sus repercusiones sobre la vida vegetal y animal (o *biota*), se presentan si el material se extrae del continente, por ejemplo, de un campo de médanos.

Otra técnica empleada, sobre todo para evitar las perturbaciones de la deriva litoral causadas por obras portuarias, es una variante de refulado hidráulico llamada *by-pass de sedimentos* (*sand by-passing*). Consiste en el traslado artificial de la deriva litoral de una manera que eluda dichas obras, lo que impide que se acumule arena aguas arriba y se erosionen las playas aguas abajo. También facilita que se mantenga la profundidad en canales navegables de acceso portuario que atraviesan dicha deriva. En otras palabras, aplicado a Mar del Plata sería el traslado de arena en forma controlada de un lado al otro de la boca del puerto mediante bombeo y un sistema de tuberías. Con esto se aseguraría el mantenimiento del canal de acceso al puerto y se lograría normalizar en buena medida la deriva litoral, lo cual mitigaría los problemas de erosión. En términos económicos, un sistema de *by-pass* requiere una inversión inicial muy importante, si bien en el largo plazo sus costos rondarían el 25% del dragado tradicional con efecto equivalente.

A fin de la década de 1950, una comisión integrada por funcionarios nacionales y provinciales consideró la posibilidad de establecer un *by-pass* de sedimentos frente al puerto marplatense. El proyecto no se logró llevar a la práctica debido a múltiples razones, entre ellas las diversas vicisitudes políticas y económicas de la historia reciente del país. En la actualidad, dada la experiencia recogida sobre ventajas y desventajas de obras de ingeniería duras y blandas, se practica un manejo costero híbrido que combina ambas técnicas.

Erosión sufrida en el transcurso de un año por una saliente del acantilado de 10m de largo y 3m de ancho ubicada en Camet Norte. La primera fotografía fue tomada en julio de 2013 y permite apreciar, a la derecha del personaje, el arco horadado en la roca por las olas, que en la segunda foto, tomada cuatro días después, se ve considerablemente crecido. Dos meses y medio después, el sector de la saliente en que apareció el arco se había derrumbado, como se ve en la tercera foto, y para julio de 2014 había desaparecido todo lo que quedaba en pie de la saliente, según lo muestra la cuarta fotografía.

Arriba. Esquema (dibujado con el norte del lado derecho del croquis) del resultado de la construcción de un espigón de unos 56m de largo (en verde) en Camet Norte con el propósito de expandir la playa frente a un predio privado. Al sur del espigón, donde está la playa que se buscó aumentar, se acumula arena; hacia el norte se produce el efecto contrario y la playa resulta intensamente erosionada.
Centro. Fotografía de la playa acrecentada al sur del espigón tomada en invierno en 2014 mirando al norte.
Abajo. Fotografía de la playa erosionada al norte del espigón tomada en la misma fecha que la anterior mirando al sur.



Playas céntricas de Mar del Plata en 1999 (izquierda) y en 2016. El espigón más cercano de la fotografía de la derecha mide unos 115m. El edificio alto en primer plano está en la esquina del bulevar Patricio Peralta Ramos y la avenida Pedro Luro. La arena faltante en la segunda vista se incorporó a la deriva litoral y mitigó la erosión en las playas ubicadas más al norte.

A modo de conclusión

La erosión del sector de las costas del sudeste bonaerense del que nos hemos ocupado es un proceso natural que en gran medida fue potenciado por la construcción del puerto de Mar del Plata y por los manejos de defensa costera posteriores. Un fenómeno similar ocurre en el puerto de Necochea. Las soluciones viables a este problema de ingeniería costera tienen que surgir, indefectiblemente, de estudios multidisciplinarios que trasciendan los límites impuestos por las jurisdicciones administrativas, los compartimentos académicos y las prácticas profesionales. Además, es necesario someter cada variante técnica posible a un análisis económico, es decir, relacionar los beneficios de todo tipo que se obtendrían con todos los costos en que se incurriría, ambos a lo largo de la vida de la obra.

En los asentamientos urbanos, esa clase de estudios debe tener en cuenta las múltiples necesidades que resultan de la historia y las características de la ciudad. En Mar del Plata, esas necesidades incluyen la actividad portuaria, las emisiones de efluentes cloacales e industriales, las descargas de aguas pluviales, de las cuales una parte importante se vierte en aguas portuarias, y los requerimientos urbanos y del turismo. Las obras en sectores costeros siempre significan inversiones elevadas y gastos de operación y mantenimiento no menores, los que recaen en gran medida en el erario público. Dado que las soluciones de ingeniería y urbanismo tienen por lo general prolongados tiempos de construcción y vidas útiles que se extienden por décadas, es necesario concebirlas y ejecutarlas en el marco de una planificación global de largo plazo, y asignar prioridades a cada uno de sus componentes. CH

El autor agradece a Andrea L Martínez su colaboración en el trabajo de campo y sus comentarios que han enriquecido el manuscrito.

LECTURAS SUGERIDAS

CIARLOTTI OJ, 1966, *Mar del Plata frente a un doble reclamo. Las defensas de sus playas y su puerto*, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires.

ISLA FI, 2006, 'Erosión y defensas costeras', en ISLA FI y LASTA CA (eds.), *Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires*, EUDEM, Mar del Plata.

LAGRANGE AA, 1993, *Mar, playas y puerto*, Fundación Bolsa de Comercio de Mar del Plata.

MARCOMINI SC y LÓPEZ RA, 2014, *Geología y manejo costero*, Eudeba, Buenos Aires.

MEDINA RA *et al.*, 2016, 'Cambios morfosedimentarios causados por la construcción de un espigón en Camet Norte', *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 73, 2: 273-282.

SYVITSKI JPM *et al.*, 2005, 'Dynamics of the coastal zone', en Crossland CJ *et al*. (eds.), Coastal Fluxes in the Anthropocene, Springer, Berlín.

Rubén A Medina

Licenciado en geología, FCEN, UBA.
Licenciado en geografía, FFYL, UBA.
Jefe de trabajos prácticos,
Facultad de Ingeniería, UBA.
medinaruben01@yahoo.com.ar

Noticias institucionales

El CONICET subió 62 posiciones y es la mejor institución gubernamental de ciencia de Latinoamérica

La cifra se publicó en el Ranking SCImago 2017, que mide las instituciones y universidades centradas en la investigación en todo el mundo.

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) escaló al puesto 158 en el Ranking SCImago 2017, que mide la evaluación de las instituciones científicas y universidades centradas en la investigación de todo el mundo. De esa manera, subió 62 posiciones del anterior ranking, confeccionado en 2016, que lo ubicaba en el puesto 220.

En total, el ranking comprendió más de cinco mil instituciones de todo el mundo. En el mismo, se refleja también que el CONICET sigue siendo la mejor institución del país (en segundo lugar se ubica la Universidad de Buenos Aires, que escaló el puesto 425 del ranking total de instituciones) y la segunda mejor institución de toda Latinoamérica, detrás de la Universidad de Sao Paulo (que se ubica en el puesto 71). Además, de los organismos gubernamentales a nivel Latinoamérica, CONICET se ubicó primero en el ranking.

En el puesto número uno del ranking SCImago, se ubicó la Academia de Ciencias de China.

Noticias institucionales

CONICET Digital: más de 20 mil artículos de consulta libre

A dos años de su creación, el repositorio del Consejo es un puente entre la ciencia y la sociedad.

CONICET Digital es el Repositorio Institucional de acceso abierto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la plataforma digital que pone a disposición de la sociedad la producción científico-tecnológica del organismo.

El mismo existe desde el 1 de agosto de 2015 con el fin de dar cumplimiento a la Ley 26.899. Es un servicio de acceso gratuito a la información que permite a aquellos interesados en distintas disciplinas del conocimiento la recuperación de la producción científico-tecnológica, tanto para el ámbito docente, como para el de la investigación y el estudio.

El material que se sube al repositorio es autoarchivado por los investigadores a través del Sistema Integral de Gestión y Evaluación (SIGEVA). Dicho sistema reúne actualmente más de 600.000 mil documentos, incluyendo artículos, tesis, libros y eventos científicos, entre otros, y son producto de las investigaciones de los últimos 10 años en el CONICET, el incremento anual promedio es de unos 50 mil documentos.

El pasaje al repositorio no es automático, para ser incluido en él cada documento es *curado* por profesionales de la información. Este proceso comprende varias etapas que permiten mejorar la calidad descriptiva de cada objeto digital lo que permite la interoperabilidad, genera una correcta organización y aumenta la precisión para obtener mejores resultados en la recuperación de las producciones.

En estos 2 años CONICET Digital ha crecido de forma sostenida:

- +1900 artículos publicados por mes.
- +20.400 artículos disponibles.
- 80% artículos de publicación reciente, desde el 2013 hasta la actualidad
- +9.000 visitas al mes, un 60% de usuarios de Argentina, 20% de América Latina y 20% del resto del mundo.
- +1500 solicitudes a texto completo autorizadas de artículos embargados por las políticas editoriales.
- +10.000 artículos indexados por Google Scholar incrementando el índice de citaciones de las producciones.
- 30 profesionales de la información (bibliotecarios, archivistas, documentalistas, etc) del CONICET especializados en curadoría localizados en distintas regiones del país.
- **Autorización por parte de la revista Ciencia Hoy para incorporar en acceso abierto en el CONICET Digital el material que se publique de investigadores y becarios del CONICET.**

Los Repositorios permiten abrir la ciencia, resguardarla y preservarla. En el caso particular de CONICET Digital el material que se deposita constituye el patrimonio que resulta de los fondos que se invierten en el CONICET y se perfila para ser el puente entre la ciencia y la sociedad.

Acuerdo de colaboración científico técnica

Se crea la primera Unidad Ejecutora entre el CONICET y la CNEA

Creado en 2007, el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología será de doble dependencia entre el Consejo y la Comisión Nacional de Energía Atómica.

En un acto celebrado en la biblioteca del Centro Cultural de la Ciencia (C3), el doctor Alejandro Ceccatto, presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) junto al licenciado Osvaldo Calzetta Larrieu, presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), firmaron la creación del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN, CONICET-CNEA) como Unidad Ejecutora de doble dependencia entre el CONICET y la CNEA. El mismo contará con dos nodos geográficos: uno en Bariloche y otro en Constituyentes, Buenos Aires.

Luego de la proyección de un video institucional del INN, el doctor Ceccatto, remarcó la importancia de la formalización de la cooperación entre ambos organismos: "Es difícil explicar que dos instituciones como el CONICET y la CNEA con 60 años cada una hayan tenido una interacción muy fuerte a través de los investigadores y de poca formalización en las cooperaciones. Este es un paso muy importante. A nivel personal es una gran satisfacción ya que tengo una amistad muy cercana con muchas personas que trabajan en la CNEA", remarcó.

Por su parte, el licenciado Calzetta Larrieu, en referencia a la rúbrica expresó que: "Es relevante porque el instituto en sí mismo es muy importante: tiene más de 150 investigadores de los cuales el 90% están ligados al CONICET y a la CNEA. Claramente, la colaboración que tenemos con el Consejo es muy grande".

La rúbrica tiene como antecedente la creación en 2009 del Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas (ITeDA), organismo creado en forma conjunta por el CONICET, la CNEA y la Universidad Nacional de General San Martín.

Entre los objetivos de la flamante Unidad Ejecutora se encuentran: realizar investigación y desarrollo en el área de Nanociencia y Nanotecnología; contribuir, en la órbita de su competencia, el desarrollo de tecnología desde su generación hasta su implementación, atendiendo con carácter prioritario las demandas y los proyectos del Plan Nuclear Argentino, contribuir a la formación de recursos humanos en calidad de estudiantes graduados y personal calificado en el área, y colaborar con el sector productivo de bienes y servicios en proyectos de asistencia técnica y transferencia de tecnología, propendiendo a una estrecha interrelación con la comunidad.

Cabe destacar que la fructífera relación entre el CONICET y la CNEA tiene más de medio siglo, y está cimentada por centenares de científicos y tecnólogos del Consejo que fueron simultáneamente miembros de la CNEA o que tuvieron en ella su lugar de trabajo. En la actualidad, el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología cuenta con 225 miembros entre investigadores, becarios doctorales, posdoctorales y técnicos. El total de investigadores es de 133, de los cuales 106 son científicos del Consejo.

Estuvieron presentes, por la CNEA: Alberto Lamagna, vicepresidente; Enrique Cinat, Gerente General; Ingo Allekote, Gerente de Área Investigación y Aplicaciones No Nucleares; Jorge Álvarez, Gerente de Química; Juan Carlos Furnari, Gerente de Área de Aplicaciones de la Tecnología Nuclear; Juan Ferrer, Gerente de Relaciones Institucionales; César Belinco, Gerente de Aplicaciones y Proyectos especiales GAIyANN; Guillermo Marti, Gerente de Investigación y Aplicaciones GAIyANN. Por el INN: Ana María Llois, Directora, y María Luz Martiarena, Vicedirectora. Por parte del CONICET: Antonio Ambrosini, Director de Relaciones Institucionales; Alan Temiño, Gerente de Asuntos Legales, y Patricia Maccagno, Directora de Convenios y Proyectos de la Gerencia de Desarrollo Científico y Tecnológico.

El doctor Ceccatto junto al licenciado Calzetta Larrieu durante la firma. Foto: CONICET Fotografía.

Informe especial

Élida Hermida: la científica que trabaja con impresoras 3D en el desarrollo de materia viva para implantes

Desde el Lab3Bio de la UNSAM, la investigadora lidera un equipo interdisciplinario de vanguardia.

Por Cintia Kemelmajer

Si construir réplicas de huesos en impresoras 3D suena futurista, ¿qué sucedería si dijésemos que adentro de esas réplicas– en un maxilar, por ejemplo- cabe la posibilidad de insertar células vivas? En el Laboratorio de Biomateriales, Biomecánica y Bioinstrumentación (Lab3Bio) de la Universidad Nacional de San Martín todo eso que para la mayoría de los mortales puede sonar a ciencia ficción, es completamente normal. Élida Hermida estudió Física, se especializó en Ciencias de Materiales y hoy, como investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), está al frente del proyecto que podría contribuir al área de la Ingeniería Biomédica y la Medicina Regenerativa.

-Siempre fui muy curiosa. De chica me gustaba mucho ayudar a mi mamá en la cocina, probar las texturas de los alimentos -dice en el laboratorio: una sala blanca, moderna, impoluta-. Creo que de ahí viene mi gusto por los materiales, lo que se llama la reología.

Su grupo de trabajo es interdisciplinario: hay desde doctores en química biológica, biotecnólogos, químicos orgánicos, biólogos y estudiantes y graduados de Ingeniería Biomédica. Como física, Hermida nunca hubiese imaginado que la Ciencia de Ma-

Vértebra realizada con una impresora 3D del Lab3Bio. Foto: gentileza UNSAM.

teriales sería su campo de aplicación. Llegó casi por casualidad: cuando estaba en quinto año de su carrera, tenía que hacer prácticas durante un año con un grupo experimental y unos amigos la contactaron con el laboratorio del Dr. Francisco Povolo, doctor en Física de la UBA, docente e investigador del CONICET, quien la invitó a construir un equipo para hacer "ensayos de torsión en una probeta".

-Cuando el Dr. Povolo me dijo eso, no entendí absolutamente nada. Yo pensaba que una probeta era un recipiente de vidrio –recuerda Hermida-. Después me enteré que él le llamaba probeta a cualquier muestra de prueba de un material. Lo aprendí con el tiempo, y ahora a esa frase la uso yo- se ríe.

En el laboratorio hay dos impresoras 3D del tamaño de una CPU -una negra y una blanca- que descansan sobre las mesadas del laboratorio. "La primera fue obtenida a través de un concurso con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación para incorporar impresión 3D a las carreras de Ingeniería –explica Hermida señalando a la impresora negra-. Nosotros estamos muy en contacto con la carrera de Ingeniería Biomédica, allí los estudiantes aprenden a analizar imágenes: tomografías computadas, resonancias magnéticas. Hace un año y medio, una becaria que vino de esa carrera, inspirada en el análisis de imágenes de una columna vertebral, imprimió aquí una vértebra".

Otra aplicación concreta de esa impresora es para los cirujanos vasculares, que se encuentran muy a menudo con el problema de la dilatación de la arteria aorta que puede llevar a un aneurisma que requiere intervención quirúrgica para colocar un implante. "Con esta impresora, a partir de la tomografía computada de la imagen de la aorta dilatada, se puede hacer un modelo 3D para que el cirujano pruebe el implante antes de la cirugía", explica Hermida.

La segunda impresora del laboratorio, la blanca, es la más vanguardista: con ella, Hermida y su equipo intentan imprimir no ya objetos plásticos inertes, sino unos que incluyan materia viva. Comenzaron a utilizarla en enero de este año. Se llama bioimpresora y es un desarrollo de la empresa Life Solutions, formada por dos jóvenes argentinos: uno de la Universidad Nacional de Córdoba y otro de la UNSAM. El objetivo del equipo de Hermida es llegar a desarrollar una biotinta: un material de textura similar a la de un gel viscoso, que una vez impreso, siga siendo lo suficientemente blando como para alojar, dentro de su estructura, células por capas. "Tendremos que imprimir a una temperatura controlada, para que las células vivas estén cómodas ahí", advierte la investigadora. A futuro, si esas células lograran proliferar en estas estructuras impresas, la técnica podría emplearse para reemplazar tejidos dañados. El desarrollo aún no tienen fecha de publicación: todavía les faltan muchos pasos, incluida la autorización de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT).

El equipo de bioimpresión. Foto: gentileza UNSAM.

La doctora Élida Hermida en su laboratorio. Foto: gentileza UNSAM.

Lidia Szczupak
Departamento de Fisiologia y Biología
Molecular y Celular, FCEN, UBA

Cómo los animales controlan sus movimientos

El cuerpo en movimiento

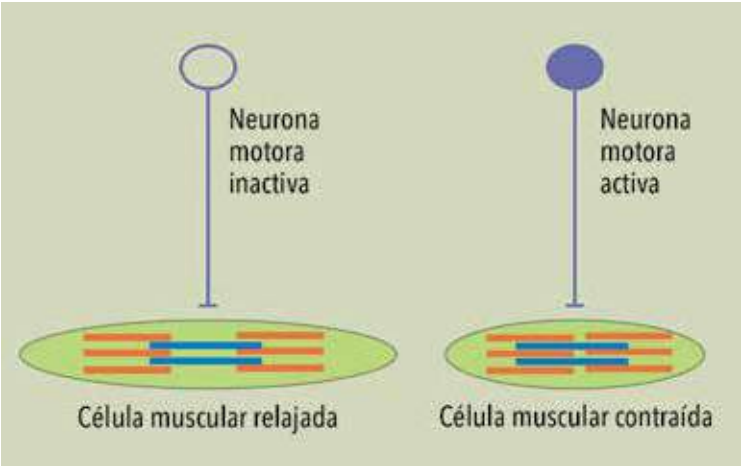
El galope de un caballo, los saltos de un sapo, el reptar de una serpiente, el nado de una sanguijuela son acciones que permiten a cada animal desplazarse a voluntad y sin tener que concentrar su atención en cada fase del movimiento. En el hombre sucede lo mismo para cualquiera de las formas de desplazamiento que elija: ponerse en movimiento puede ser un acto plenamente consciente, pero su ejecución se ejerce de manera inconsciente. Podemos pensar en el movimiento de cada miembro del cuerpo que participa, pero en realidad ese acto de conciencia es una lectura del movimiento, no la orden en sí.

Los movimientos que se orquestan en el curso de cada uno de estos comportamientos motores se sustentan en cierto automatismo codificado en el sistema nervioso. Este sistema es el sitio de origen de la decisión, del plan y de la organización del movimiento, y nuestros músculos son finalmente sus ejecutores mecánicos.

Los músculos están formados por células biológicas parecidas a las de cualquier otro tejido (piel, hígado, etcétera), pero con la capacidad única de modificar su longitud de manera análoga a como lo hace un resorte, aunque por un mecanismo diferente. En el interior de las células musculares dos proteínas con forma de fibras, llamadas *actina* y *miosina*, se alinean paralelas una respecto de la otra. Cuando el músculo está distendido

¿DE QUÉ SE TRATA?

Cómo los animales controlan sus movimientos y cómo son los circuitos neuronales que les permiten hacerlo.



Esquema explicativo de la contracción muscular. En lila, dos neuronas motoras; en verde, células musculares; en anaranjado, fibras de actina; en azul, fibras de miosina. Izquierda, una célula muscular distendida o relajada y la neurona motora sin actividad. Derecha, la célula contraída y la neurona activa. La contracción obedece a una señal de la neurona motora y se produce por la superposición de las dos clases de fibras, lo que determina que las células musculares se acorten y con ellas todo el músculo.

las fibras apenas se solapan entre sí; en la contracción, la miosina se desplaza sobre la actina produciendo el acortamiento de la célula muscular. Este es un proceso reversible por el cual el músculo puede contraerse y relajarse sucesivamente.

¿Cómo se controla la contracción y la relajación de los músculos? La orden de contracción, sin la cual el músculo permanece relajado, se origina en neuronas del sistema nervioso central.

Las neuronas como dispositivos de control

Las células que constituyen al sistema nervioso, las neuronas, actúan como dispositivos de procesamiento de información. Reciben señales de otras neuronas, las procesan (suman, restan, multiplican) y generan una señal final que es transmitida a otras neuronas con las que están comunicadas o a otras células del organismo, como las de los músculos.

Mientras que la mayoría de las células animales tiene una forma compacta, las neuronas exhiben profusas ramificaciones que les permiten contactarse con neuronas ubicadas en diferentes regiones del sistema nervioso. La forma que tiene una neurona indica el área del sistema nervioso desde la que colecta y a la cual envía información. El español Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), premio Nobel de medicina o fisiología 1906, elaboró una avanzada descripción del funcionamiento de ciertas regiones del sistema nervioso (la retina del ojo, la médula espinal, etcétera) con solo observar al microscopio la forma de las neuronas que las componen.

Las neuronas son dispositivos electroquímicos –comparables con la batería de un automóvil– que generan señales eléctricas que sirven como complejos mecanismos de señalización. Por otra parte, interactuando con moléculas secretadas al medio que las rodea, también procesan señales químicas que convierten en señales eléctricas, es decir, combinan ambos lenguajes, el químico y el eléctrico. La transmisión de señales químicas es relativamente lenta (milésimas de segundos a minutos), pero la propagación de señales eléctricas es muy rápida (millonésima a milésimas de segundo). El sistema nervioso utiliza el lenguaje químico para la comunicación entre neuronas contiguas, donde la distancia entre emisor y receptor es muy pequeña (centésimas de micrómetros o 0,00000001 metro). El lenguaje eléctrico, en cambio, se utiliza para la transmisión de señales a lo largo de sus ramificaciones que pueden extenderse desde algunos micrómetros a decenas de centímetros (por ejemplo, la neurona motora que va de la médula espinal a los músculos del pie). La combinatoria de ambos lenguajes les permite ejercer la suma, resta o multiplicación de señales que llamamos procesamiento neuronal.

Cada neurona procesa información de manera individual, pero cumple su función fisiológica plena como parte de un conjunto de neuronas interconectadas o *red neuronal*.

El sistema nervioso controla el movimiento

La actividad neuronal que controla el movimiento podría representarse como una pirámide de órdenes a ser ejecutadas, en cuya base están las neuronas motoras que se comunican con las células musculares. El cuerpo celular de esas neuronas está en el sistema nervioso central, por ejemplo, en los vertebrados, en la médula espinal, alojada en la cavidad central de las vértebras. La conexión entre las neuronas motoras y los músculos viene dada por prolongaciones de las primeras llamadas *axones*, los que forman un ordenado conjunto conocido como *nervios*. Una analogía bastante realista es considerar a los nervios como un manojo de cables eléctricos que conectan puntos de una instalación distantes en el espacio, en este caso, el sistema nervioso central con los músculos.

Una misma neurona motora se contacta con varias células de un músculo; la neurona más las células musculares que contacta forman una *unidad motora*. Un músculo, como unidad anatómica, está controlado por un conjunto de neuronas motoras. La fuerza con que se contrae ese músculo depende de la intensidad de la señal emitida por las neuronas motoras y del número de unidades

motoras que se activan. El movimiento, antes de ser una manifestación mecánica, es el concierto de la actividad de todas las neuronas motoras activas y silentes. Si la actividad de dichas neuronas generara sonidos, caminar produciría una melodía rítmica.

En el movimiento, como en la música, importa tanto el sonido como el silencio. Para extender una pierna necesitamos contraer unos músculos al tiempo que distendemos otros, y esto implica activar ciertas neuronas motoras y silenciar otras. ¿Cómo se orquesta la actividad de las neuronas motoras para producir un movimiento coordinado de todos los músculos que conforman los miembros en movimiento? Esa coordinación no se logra poniendo nuestro cerebro al servicio de cada músculo. Si así fuera, quedaría muy poco resto de actividad cerebral para cualquier otra tarea mental, pero podemos caminar, correr o nadar mientras nuestra atención se centra muy lejos del acto físico que realizamos. ¿Cómo lo hacemos? La coordinación primaria de toda actividad rítmica está codificada en redes de neuronas distribuidas en el sistema nervioso.

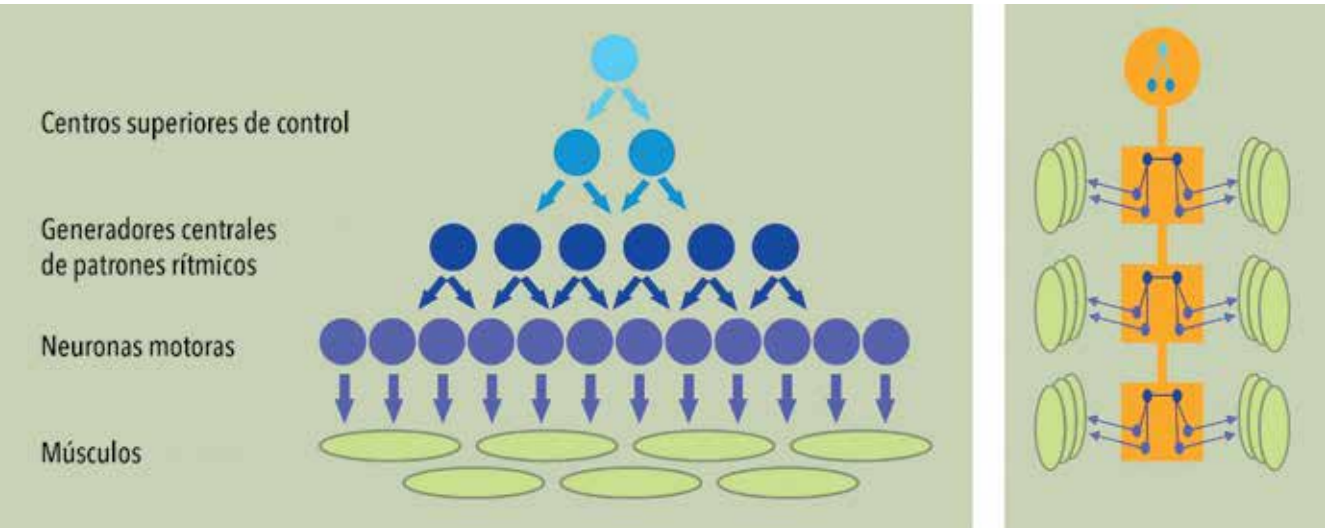
Control del movimiento

Como se expresó, el cuerpo que realiza un movimiento rítmico (caminar, nadar, volar o masticar) lo hace de modo consciente o no, pero la ejecución del movimiento en sí mismo no es una sucesión de actos voluntarios. En el sistema nervioso existen redes de neuronas dedicadas a ejecutar actividades rítmicas de manera automática. Ubicadas en la cercanía de las neuronas motoras cuya actividad comandan, esas redes se conocen como *generadores centrales de patrones rítmicos* y en los vertebrados están localizadas en la médula espinal. Los *centros superiores de control* que determinan los aspectos más generales del movimiento, como su inicio, duración e intensidad, son también parte del sistema nervioso central y están en áreas como el cerebelo, la corteza cerebral, etcétera.

La actividad de los generadores centrales de patrones rítmicos deriva de las propiedades intrínsecas de las neuronas individuales que conforman la red y de las interacciones entre ellas. Como en un ballet, cada bailarín desarrolla capacidades artísticas individuales, pero la coreografía que se ejecuta es producto de las interacciones entre los individuos.

En la red neuronal, si uno altera significativamente la actividad de cualquiera de sus componentes se produce un cambio en el ritmo o en la duración de cada fase del movimiento, a los que cada neurona hace una contribución específica. El generador central de patrones 'contiene' en sí al ritmo, de manera análoga a como lo hace un reloj.

¿Cómo se estudia la manera en que el sistema nervioso controla el movimiento? Se comienza por una descripción cinemática para establecer qué partes del cuerpo participan de manera preponderante en el desplazamiento y, en cada una, cuáles son los músculos movilizados. Estos estudios se llevan a cabo filmando al animal mientras se mueve y analizando la posición relativa de cada parte del cuerpo. A partir de esa información



Esquema de la estructura piramidal del sistema nervioso motor. Los círculos de distintos colores representan las neuronas de los tres niveles jerárquicos que definen las leyendas de la izquierda, las que transmiten mensajes electroquímicos indicados por las flechas cuyo efecto final es contraer los músculos representados por óvalos verdes. El esquema de la izquierda indica que unas pocas neuronas en la cima de la pirámide originan un complejo movimiento, que ejecutan los músculos mediante contracciones controladas por las neuronas motoras situadas en la base de la pirámide. El esquema de la derecha muestra que las neuronas se distribuyen en diferentes regiones del sistema nervioso. El círculo superior de color naranja representa la porción cefálica del sistema nervioso; los cuadrados de ese color, los segmentos de la médula en los vertebrados, o los ganglios torácicos y abdominales en invertebrados, en los que están los generadores centrales de patrones rítmicos y las neuronas motoras que activan los músculos.

Foto de una neurona obtenida en el laboratorio de la autora con un microscopio confocal. La estructura esférica es el cuerpo desde el cual de extienden numerosas ramas de diferentes calibres. El segmento que da la escala mide 50 micrómetros o milésimas de milímetro.

se colocan electrodos en los músculos de los miembros prominentemente activados para registrar su actividad eléctrica, la que está directamente correlacionada con la contracción muscular. Esto permite generar una descripción del orden temporal en que cada uno de esos músculos se contrae y se relaja.

A continuación se encara el estudio de las regiones del sistema nervioso central responsables de dicho concierto de actividad muscular. Dado que cada músculo está controlado por un grupo de neuronas motoras, se puede monitorear el patrón motor midiendo tanto la actividad mecánica del músculo como la actividad eléctrica de las neuronas motoras que lo controlan. Experimentalmente, la segunda opción tiene la ventaja de simplificar los procedimientos, porque reduce el número de elementos del sistema en estudio; en particular elimina el componente mecánico que hace más inestable el monitoreo de la actividad eléctrica del sistema nervioso. Así, es posible registrar las órdenes que imparte el sistema nervioso, identificando los nervios que conducen información a los músculos. El patrón temporal de actividad en los nervios equivale a conocer cuándo un grupo muscular se contrae o se relaja.

Un paso fundamental en el estudio de las redes neuronales que controlan el movimiento fue la comprobación experimental de que la actividad rítmica de los nervios motores, que caracteriza una conducta motora determinada, puede observarse extrayendo al sistema nervioso del organismo. Esto es, se puede analizar el movimiento sin el cuerpo que lo lleva a cabo. Este paso fue dado en diversos invertebrados y vertebrados. Sin importar la complejidad del organismo, se ha constatado que el sistema nervioso aislado puede ser estimulado para generar el patrón rítmico. Este hallazgo fue una prueba inequívoca de que el patrón que regula ese movimiento está autocontenido en el sistema nervioso.

Más aún, los estudios revelaron que el generador del patrón rítmico no es parte de los sistemas superiores de control. En la jerarquía de señales del sistema nervioso, la red que organiza al ritmo está ubicada muy cerca de la base. En los vertebrados esto sucede en la médula espinal, y en los invertebrados en su equivalente, los ganglios (conjunto de neuronas que forman un compuesto anatómicamente segregado) torácicos y abdominales. La actividad rítmica puede constatarse también en preparados en los que el cerebro se separa de la médula o de la cadena de ganglios. El cerebro modula pero no genera el ritmo.

Los estímulos sensoriales

En la descripción anterior dejamos fuera del escenario un factor importante de control: la información sensorial. Estímulos provenientes de la vista, el tacto o el oído pueden por sí originar una conducta motora. Al investigar el sistema nervioso aislado se anulan las entradas sensoriales propiamente dichas, pero aún es posible simularlas estimulando eléctricamente los nervios que transmiten esta información al sistema nervioso. No menos importante es tener en cuenta que durante la ejecución del movimiento la información propioceptiva (señales emitidas por el propio cuerpo del animal, como la tensión de los músculos durante el movimiento) causa el ajuste de ese movimiento. Por ejemplo, un animal que camina sobre una superficie irregular utiliza la información que el terreno imprime en sus miembros para controlar el paso y adecuarlo a dichas irregularidades. El automatismo del patrón motor que se comprueba al aislar el sistema nervioso indica que el ritmo esta impreso por este sin aporte sensorial, pero en el organismo vivo la influencia sensorial modula la conducta y la hace compatible con el medio en que se desarrolla.

La investigación del control motor

Los resultados expuestos ponen al sistema nervioso en el centro del escenario y permiten diseñar una gran variedad de experimentos orientados a analizar las redes neuronales en gran detalle celular y molecular. Con tales enfoques se busca identificar a las neuronas del circuito, analizar sus propiedades intrínsecas y poner en evidencia las conexiones entre ellas. Para realizar los experimentos, el investigador debe elegir cuidadosamente en qué animal llevarlos adelante.

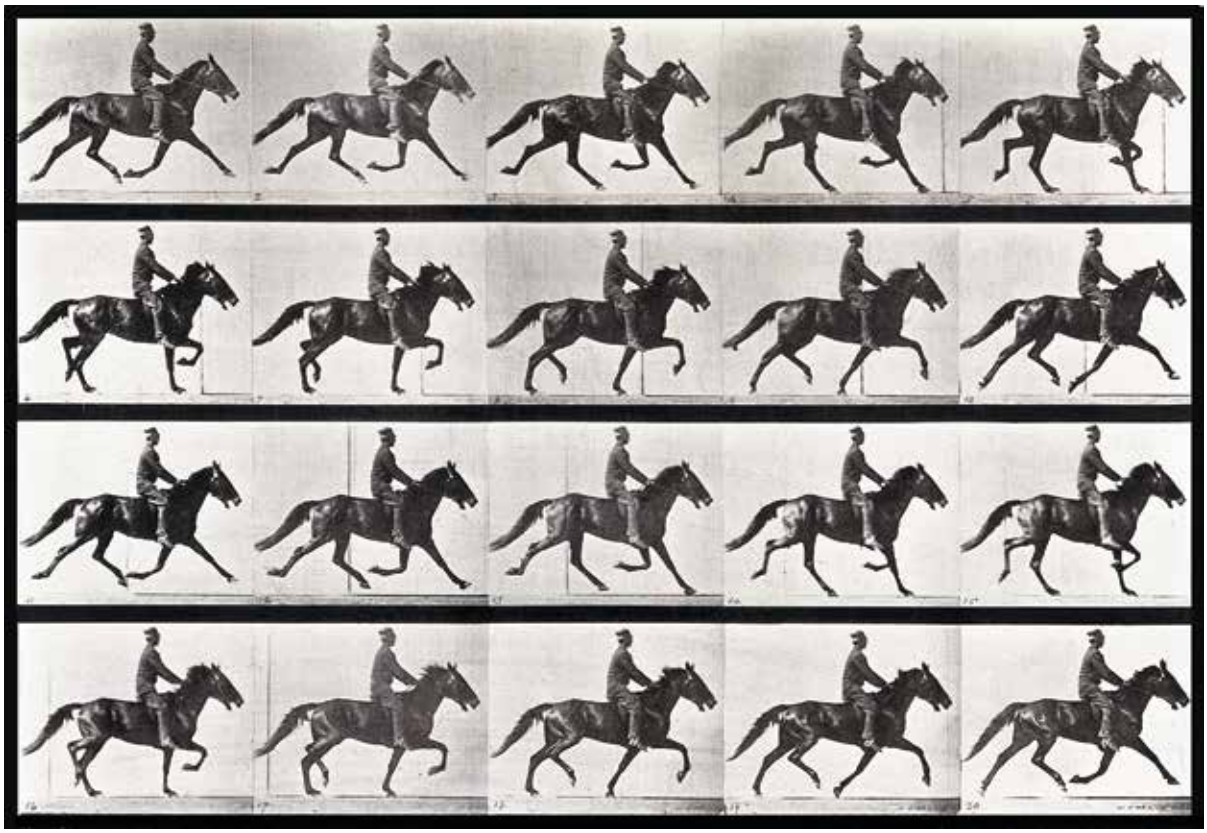
El sistema motor está distribuido en todo el sistema nervioso e incluye a neuronas ubicadas en diferentes regiones del encéfalo y la médula en los vertebrados, y en diversos ganglios en los invertebrados. Las neuronas presentan características altamente similares en diversas especies animales, pero su tamaño y su inserción en el tejido neural hace que para estudiarlas haya sido necesario crear herramientas complejas y adaptadas a cada situación.

Los organismos elegidos para realizar las investigaciones pioneras de este campo fueron ciertos invertebrados: crustáceos como el cangrejo de río, insectos como la langosta y anélidos como la sanguijuela. También se han estudiado los circuitos que controlan el movimiento en determinados vertebrados, como gatos, ratones y peces.

Cualquier función en los organismos puede cambiar en el curso de millones de años de evolución. Entender cómo diferentes animales se adaptan a las condiciones en que habitan es de gran importancia a la hora de estudiar cada función, pues el análisis evolutivo permite discriminar qué aspectos de los mecanismos funcionales se mantuvieron constantes y cuáles cambiaron. Esas variaciones muestran cómo cada organismo adquirió propiedades especiales para cumplir con una función relevante en el marco de los condicionamientos de su propia estructura corporal y del medio. Por su lado, las constantes muestran los aspectos robustos, que se mantienen en toda estructura y condición. Estudiar el control del movimiento en diversas especies ha permitido mejorar las técnicas de laboratorio (diseñar instrumental y procedimientos experimentales) y enriquecer nuestras herramientas intelectuales (cómo pensamos el circuito) con que incrementar el conocimiento sobre la arquitectura de las redes neuronales que llevan a cabo dicho control.

La relativa simplicidad del esquema corporal de los invertebrados elegidos, y por consiguiente de su sistema nervioso, permite realizar investigaciones que abarcan un espectro más amplio de blancos de estudio. Analizamos el sistema nervioso como un todo y las características celulares de neuronas específicas. Las neuronas, y los circuitos que forman, guardan una gran analogía de organismo en organismo y por ello los conocimientos adquiridos en una especie iluminan la investigación en cualquier otra.

La sanguijuela *Hirudo sp.* es un modelo experimental muy utilizado en la investigación en neurociencias. Su cuerpo tubular se desplaza nadando o reptando apoyado sobre las ventosas que posee en los extremos anterior y posterior del cuerpo. Los movimientos de este anélido dependen de la contracción y relajación de tres grupos de músculos que constituyen su pared corporal. La simplicidad de la estructura de su órgano de movimiento se correlaciona con la sencillez de su sistema nervioso, formado por una cadena de ganglios altamente similares flanqueados por un cerebro en la cabeza (o rostral) y un



Trote de un caballo. Fotograbado realizado sobre fotografías tomadas en los Estados Unidos por el inglés Eadweard Muybridge (1830-1904). Procuraba, entre otras cosas, establecer si un caballo que trota mantiene siempre un pie apoyado en el suelo. Wellcome Images

cerebro en la cola (o caudal). Estas características han permitido encarar un estudio pormenorizado de la red neuronal subyacente a ambas formas de desplazamiento.

Sobre la base de lo aprendido en este organismo podemos clasificar al circuito que controla el movimiento animal en tres niveles de control jerárquicamente organizados, lo que se muestra el gráfico de la página 27, a saber:

i. Las neuronas motoras, que controlan la actividad muscular, están distribuidas en la cadena de ganglios en *Hirudo sp.* de manera similar a como están distribuidas las neuronas motoras de un mamífero en la médula espinal.
ii. Los generadores centrales de patrones rítmicos también están distribuidos en la cadena de ganglios. Si bien cada ganglio posee un circuito generador de la actividad rítmica y puede actuar de manera independiente del resto, para que la sanguijuela pueda desplazarse reptando y pueda moverse de manera armónica las señales de todos los ganglios deben coordinarse de manera que se produzca una onda de activación por la cual el movimiento se inicia en la cabeza y se propaga hacia la cola, lo que le permite desplazarse hacia delante.
iii. En el cerebro anterior del animal existen neuronas que comandan la actividad. Una corta ráfaga de actividad eléctrica en ellas alcanza para que se active un complejo concierto de actividad en todos los ganglios y se produzca el reptado.

De esta serie de constataciones, originadas en investigaciones realizadas a lo largo de muchos años en laboratorios de países como los Estados Unidos, México, el Reino Unido, Suiza y la Argentina, surge un claro mapa de la organización del sistema de control motor. Está organizado de manera jerárquica: en la cima unas pocas neuronas pueden disparar una conducta compleja, y en la base las neuronas motoras no solo envían órdenes de ejecución a los músculos sino que al mismo tiempo mandan señales de retroalimentación al sistema nervioso que autolimita parte del movimiento y coordina el nivel de actividad del sistema como un todo.

En el control del movimiento, el sistema nervioso actúa en una cadena de diferentes escalas temporales. La orden breve de una neurona en el cerebro se convierte en una señal sostenida y rítmica en el generador central de patrones. Estas diferentes escalas temporales de actividad son ejecutadas por neuronas altamente similares entre si, y sus propiedades especiales se deben a la acción específica de determinadas proteínas.

El movimiento es una característica básica del reino animal. Su estudio permite obtener un muy rico conocimiento de las funciones que el sistema nervioso puede ejecutar para controlarlo. Rodolfo Llinás, profesor de la Universidad de Nueva York, sostiene en su libro *El cerebro y el mito del yo* que 'la generación central de movimiento y la generación de lo mental están profundamente relacionadas; ellas son de hecho diferentes partes de un mismo proceso. En mi visión, desde su comienzo evolutivo lo mental es la internalización del movimiento'. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2016, 'Neurociencias', sección temática compuesta por una presentación y siete artículos, Ciencia Hoy, 151, septiembre-octubre.

LLINÁS R, 2001, *I of the Vortex: From neurons to self*, MIT Press, accesible en *http://www.federaljack.com/ebooks/Consciousness%20Books%20Collection/Rodolfo%20R.%20Llin%E1s%20-%20I%20of%20the%20Vortex.pdf.* Traducción al castellano: *El cerebro y el mito del yo*, 2003, Norma, Bogotá.

Lidia Szczupak

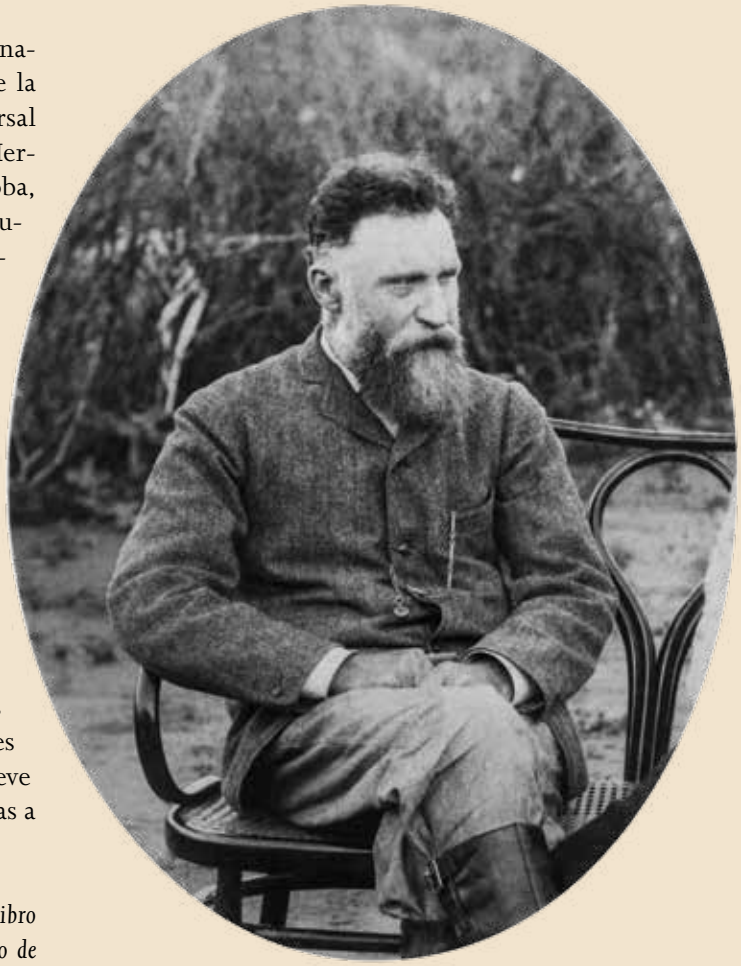
Doctora en ciencias biológicas, UBA.
Investigadora principal de Conicet en el IFIBYNE.
Profesora adjunta, FCEN, UBA.
szczupak@retina.ar

Córdoba y Santiago del Estero entre 1870 y 1890

George B Pilcher (1841-1909) fue un empresario nacido en Liverpool que, en la segunda mitad de la década de 1860, actuó como gerente de la sucursal del Banco Mauá en la localidad uruguaya de Mercedes. En 1870 se instaló por su cuenta en Córdoba, ciudad en la que murió. Entre sus varios negocios tuvo dos sucesivos de fotografía, el principal de los cuales, llamado Fotografía Inglesa, en el que él mismo pudo haber actuado como fotógrafo, operó entre 1872 y 1890, cuando lo cerró debido a la crisis económica general, la que también lo arrastró a la quiebra.

Fotografía Inglesa registró la modernización de la provincia mediterránea promovida por el gobernador Miguel Juárez Celman –electo en 1886 presidente de la República– y produjo el cuerpo fotográfico documental más importante del centro del país en el siglo XIX, compuesto por vistas y costumbres urbanas y rurales, más imágenes de industrias y de grandes obras públicas, principalmente de la ciudad y la provincia de Córdoba, con una breve serie sobre la ciudad de Santiago del Estero. Incluye unas quinientas imágenes, la mayoría reunida en diez álbumes pertenecientes a varios archivos y coleccionistas. Esta nota presenta una breve selección de ese acervo, conocido desde hace muy poco gracias a la minuciosa labor de la investigadora Cristina Boixadós.

Buena parte de los datos presentados en la presente nota proviene de un libro en preparación a ser publicado por Ediciones de la Antorcha, con un ensayo de Boixadós sobre Jorge Pilcher y otro de Paula Alonso sobre Córdoba en los tiempos del fotógrafo. Esta sección se publica con el asesoramiento de Abel Alexander y Luis Priamo.



Autorretrato del fotógrafo hacia 1885.
Colección Analía Righetti

Vista de la plaza mayor de la ciudad de Córdoba, 1880. Archivo Efraín U Bischoff. Fotografía tomada mirando al sudoeste desde la esquina de Buenos Aires, sobre la izquierda, y Rosario de Santa Fe (antes Constitución), en primer plano. Se distinguen al fondo, sobre el borde izquierdo, el frente de la iglesia de San Francisco, sobre Entre Ríos en la esquina de Buenos Aires, y del centro de la fotografía al borde derecho, Santa Teresa (en Independencia entre Caseros y 27 de Abril), la Compañía de Jesús (en Obispo Trejo y Caseros) y, sobre la plaza, en la esquina de San Jerónimo e Independencia (antes Representantes), la Catedral. A la derecha de esta, sobre Independencia, el antiguo Cabildo remodelado, donde estuvieron la Casa de Gobierno, la Jefatura de Policía y otros organismos.

Hotel de la Paz *ca.* 1880. Colección Juan Dussaut. Estaba ubicado en la esquina noroeste de la calle 27 de Abril, que corre hacia la izquierda, y la avenida Vélez Sársfield (antes calle Ancha), que corre hacia la derecha. En segundo plano, la cúpula revestida con azulejos franceses del Pas de Calais de la iglesia de Santo Domingo, que data de 1861 y tiene su fachada sobre la avenida Vélez Sársfield.

Convento de la Merced, interior, *ca.* 1885. Colección CEDODAL. El edificio colonial data del siglo XVII y ocupa la esquina noreste de 25 de Mayo y Rivadavia. Los mercedarios eran una de las tres órdenes de frailes mendicantes habitualmente encontradas en las ciudades coloniales de Hispanoamérica (las otras dos eran los franciscanos y los dominicos, también presentes en Córdoba).

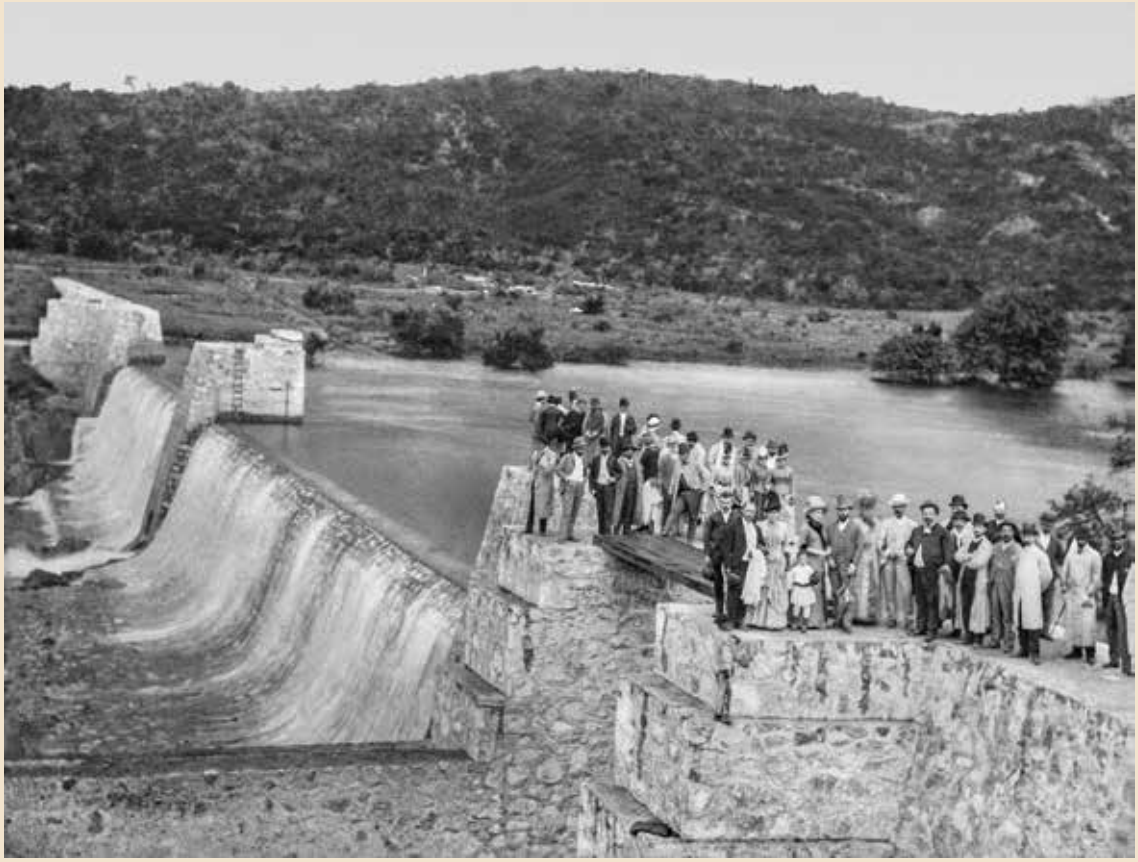
Paseo Sobremonte, *ca.* 1885. Colección Juan Dussaut. Fue el primer paseo público de la ciudad, construido por el marqués de Sobremonte en 1783. El lago almacenaba agua tomada del río Primero o Suquía. Estaba en el predio hoy delimitado por las calles 27 de Abril, Arturo M Bas y Caseros, frente a la Municipalidad.

Iglesia y residencia de los religiosos de la estancia jesuítica de Alta Gracia, formada en 1646, *ca.* 1880. Colección Analía Righetti. La iglesia se terminó en 1646. Después de la expulsión de la orden pasó por varios propietarios, incluido Santiago Liniers, hasta que fue parcelada al morir el último de ellos, José Manuel Solares (1783-1868). En 1968, la iglesia y la residencia de los jesuitas fueron expropiadas por el Estado nacional y hoy albergan un museo.

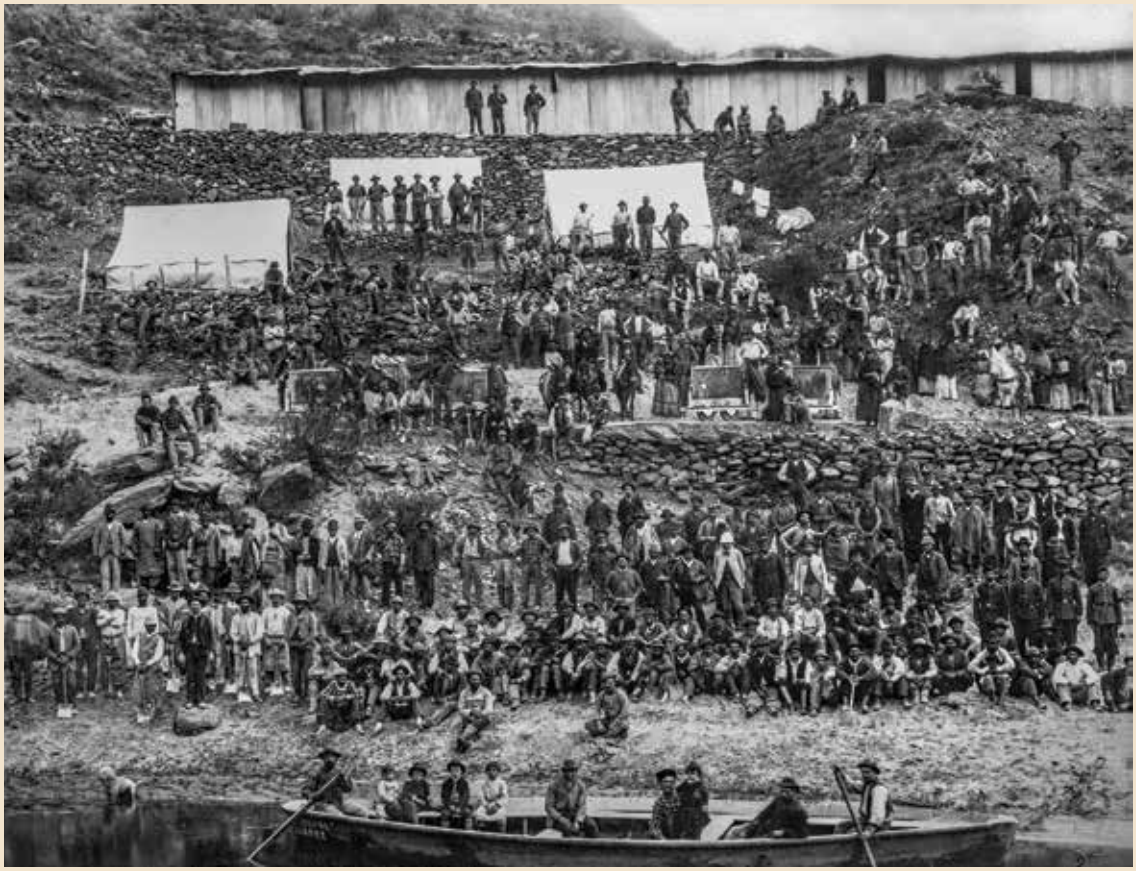
Avenida Julio A Roca, Río Cuarto, vista de la estación, *ca.* 1885. Colección Analía Righetti. La arteria fue abierta en 1885 con un trazado diagonal a la cuadrícula para acceder a la estación del Ferrocarril Andino. La surcó durante un corto tiempo el tranvía de caballo que aparece en primer plano. En la lejanía, se perfilan contra el cielo las iglesias de San Francisco (centro) y la Inmaculada Concepción (hoy Catedral, izquierda).

Talleres del ferrocarril a Malagueño, *ca.* 1890. Colección Analía Righetti. Los hermanos Estanislao y Ceferino Ferreyra, propietarios de una estancia y canteras en Malagueño, construyeron una línea férrea de 24km de la capital a esa localidad.

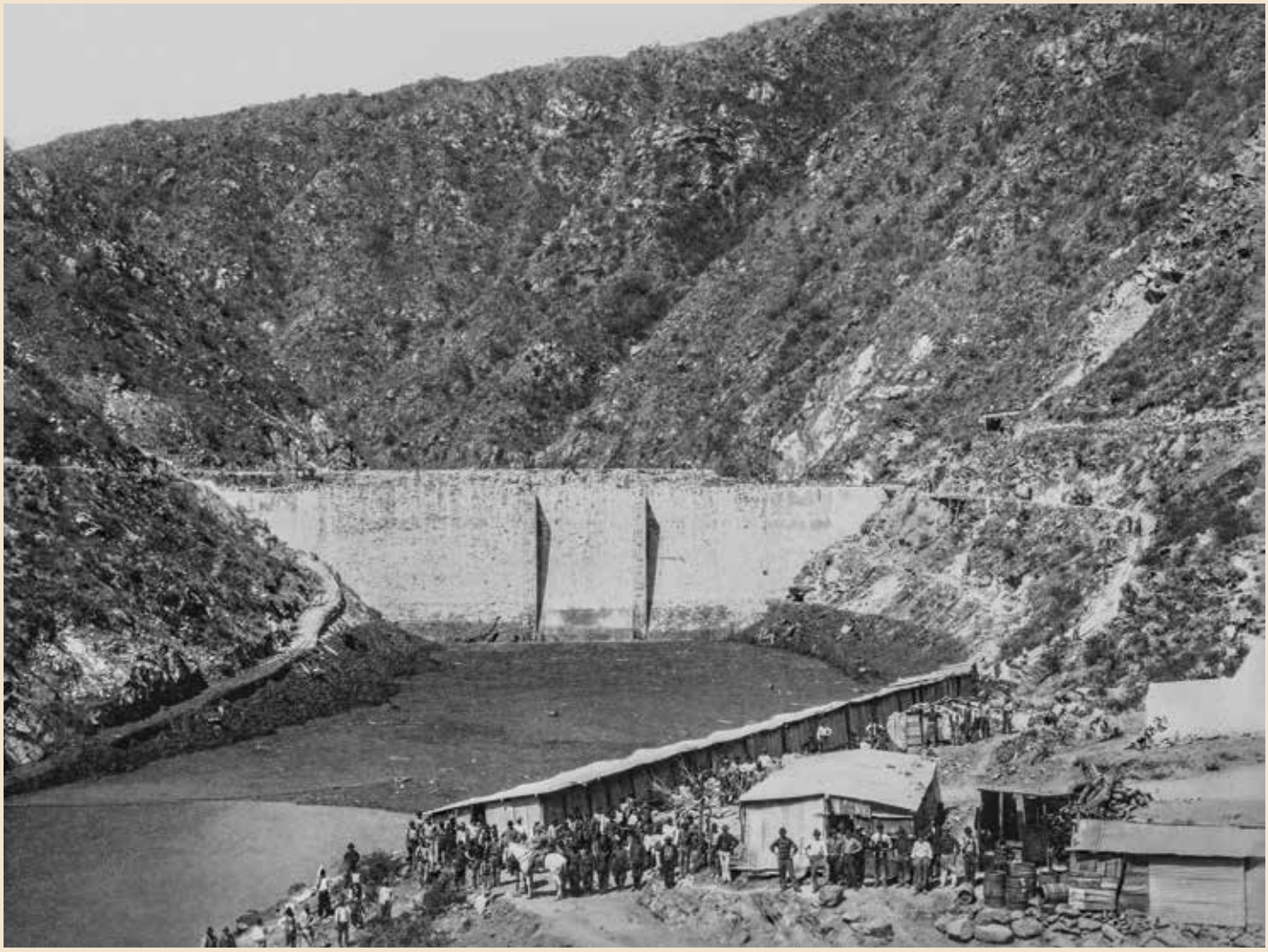
Cantera de piedra en la localidad de Mal Paso, *ca.* 1885. Respondía a la contemporánea construcción sobre el río Primero o Suquía de un dique de 10m de alto para manejar el agua en la periferia oeste de Córdoba. La obra complementaba otra mayor de la misma época, el dique San Roque, de 51m se alto, sobre el río Cosquín. Entre ambas se pudieron irrigar unas 48.000ha y controlar inundaciones. Archivo del Ministerio de Agua, Ambiente y Energía de Córdoba.



Inauguración del dique Mal Paso, diciembre de 1887. La foto muestra al presidente Miguel Juárez Celman, su familia y su comitiva en el acto de inauguración oficial. Archivo del Ministerio de Agua, Ambiente y Energía de Córdoba.



Grupo de personal de la obra del dique San Roque el 4 de noviembre de 1887. Según el empresario de la construcción, el médico y abogado catalán Juan Bialet Massé (1846-1907), incluía '16 ingenieros y 30 inspectores de albañilería'. Archivo del Ministerio de Agua, Ambiente y Energía de Córdoba.



El dique San Roque tomado desde el faldeo que cae sobre el río mirando aguas arriba, *ca.* 1890. Colección Analía Righetti. Bialet Massé sostuvo que lo construyó 'en condiciones […] difíciles, teniendo que improvisarlo todo, sin medios de transporte, sin nada'. En la década de 1940 fue reemplazado por otro ubicado unos 150m aguas abajo.

Casa de Absalón Ibarra, el Cabildo y agencia La Mensajería, Santiago del Estero, *ca.* 1875. Archivo Efraín U Bischoff. Fotografía del lado noroeste de la plaza Libertad. A la derecha, el edificio de un piso ocupado por La Mensajería, que a partir de 1879 albergó la Botica Española y la Sociedad Española. En el centro, con dos pisos y destacado mirador, la Casa de Gobierno, conocida como el Cabildo, aunque dicho edificio colonial, que fue muy modesto y había sido demolido, pudo no haber estado exactamente en ese predio. En el extremo izquierdo, la casa de un piso con mirador del gobernador Absalón Ibarra.

Carlos Bernstein
Universidad Claude Bernard, Lyon

Machos de sobra

Avispas polinizadoras de higos

Cuando comemos un higo, en realidad, comemos un ramo de flores, ya que cada una de las estructuras rosadas de su interior es una flor; más precisamente, una flor femenina. En otras palabras, el higo no es un fruto sino un conjunto de flores femeninas llamado *inflorescencia*, si bien contiene también un número mucho menor de flores masculinas aisladas de las femeninas.

Para que produzcan semillas, las flores femeninas deben ser fecundadas con polen, que no tienen por su total aislamiento de las flores masculinas y del exterior. La fecundación solo sucede porque las polinizan unas minúsculas avispas hembras que, cargadas de polen, entran en ellas por un pequeño orificio situado en el extremo del higo. Llegan cargadas de polen porque provienen de flores con órganos sexuales masculinos y femeninos, es decir, hermafroditas, de otras higueras, en las que lo recogieron, o porque se les pegó antes de salir del higo en el que nacieron en el proceso que se explica a continuación.

Lo anterior se refiere al higo comestible o común (*Ficus carica*), un árbol en el que las flores femeninas y

Christoph Jacob Trew & Georg Dionysius Ehret, 1771, *Plantae selectae quarum imagines ad exemplaria naturalia Londini, in hortis curiosorum nutrit*, vol. 8.

¿DE QUÉ SE TRATA?

La simbiosis entre avispas de la familia *Agaonidae* y plantas del género *Ficus* produce resultados que se explican como consecuencia de la evolución por selección natural.

Higos comestibles.

hermafroditas crecen en individuos distintos (técnicamente, es una especie *ginodioica*). Sus flores son polinizadas por la avispa *Blastophaga psenes*, de la familia *Agaonidae*, que mide unos 2mm de largo. El higo comestible es un caso particular de una situación más general con muchas variantes que afecta a numerosas de las centenares de especies que componen el género *Ficus*, y a avispas de otros grupos de la mencionada familia *Agaonidae*.

Las flores femeninas de los higos comestibles son de dos tipos: unas tienen tallo o pedúnculo corto, lo que impide que las avispas, por su constitución anatómica, depositen huevos en los ovarios de esas flores, y otras tienen pedúnculo más largo, que permite que las avispas pongan sus huevos en los ovarios de estas y que, en consecuencia, nazca la siguiente generación de avispas, cuyas larvas se alimentan de tejido vegetal cuando emergen de los huevos. Ambos tipos de flores resultan fecundadas por el polen que traen las avispas, pero solo las que no albergaron huevos de esos insectos producen semillas, porque en las otras las larvas que nacen comen los tejidos del ovario e impiden que ellas se formen.

Las avispas polinizadoras mueren dentro del higo después de poner los huevos, de los que, luego del período de desarrollo, nacen las avispas de la nueva generación. Primero emergen los machos, que buscan a las hembras (hijas de la misma camada), copulan con ellas y a continuación perforan un orificio de salida en la pared del higo. La gran mayoría de esos machos muere dentro de este, pero las hembras recién fecundadas salen por el nuevo orificio y vuelan cargadas de polen hacia otros higos para reiniciar el ciclo. Ese polen proviene de las mencionadas flores masculinas del higo, que se encuentran alrededor del orificio de entrada y llegan a maduración precisamente en el momento en que las hembras abandonan su higo natal.

El proceso descripto es un notable caso de cooperación o *simbiosis* entre un insecto y una planta: las avispas solo pueden reproducirse dentro de los higos y las higueras solo pueden ser polinizadas por esos insectos, de suerte que ninguna de las especies sobreviviría sin la otra, un estado de cosas que fue evolucionando desde hace más de 60 millones de años.

Muchas veces una única hembra entra en un higo, la que por ende resulta la madre de todas las avispas –tanto machos como hembras– de la próxima generación. En esos casos, la descendencia de primera generación queda constituida por un único macho y diversas hembras. En cambio, si varias hembras entran en un mismo higo, la proporción de machos y hembras de la generación de sus hijos es diferente, y se aproxima al 50% a medida que aumenta el número de hembras. ¿Qué explicación tiene este curioso comportamiento?

Dado que cada macho es capaz de fecundar a un gran número de hembras y que el número de nacimientos es proporcional al número de hembras, producir una reducida cantidad de machos con relación al número de hembras lleva a obtener más descendientes que si nacieran números más parejos. Por ello, los criadores de ganado y de aves mejoran la productividad de sus explotaciones manteniendo, en un plantel de cierta capacidad, un número mínimo de machos. Sin embargo, en la naturaleza el número de individuos que nacen de cada sexo es notablemente similar para la mayoría de las especies animales y en la mayoría de las situaciones.

Algunos sugerirán, no sin razón, que la proporción de machos y de hembras es simplemente consecuencia del mecanismo de la reproducción sexual del cual resulta la combinación de cromosomas que determina el sexo de cada individuo. En aves, mamíferos y otros organismos ese mecanismo hace que en cada generación, en promedio, aproximadamente la mitad de los individuos sean machos. Tal paridad entre los sexos se verifica también en casos de otras formas de reproducción, lo que hace pensar que mantener la paridad podría conferir una ventaja evolutiva en cuanto a la capacidad de dejar descendientes. Charles Darwin (1809-1882), uno de los primeros que intentaron resolver este enigma, sostuvo en su obra *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* (1871) que la selección natural tiende a igualar el número de individuos de cada sexo.

Proporción de sexos

Las hembras invierten cantidades importantes de tiempo y recursos en gestar, alimentar inicialmente y proteger a cada hijo. Además, el costo biológico de producir un óvulo maduro es del orden de miles de veces mayor que el de producir cada espermatozoide, y también es insignificante para cada macho el costo de fecundar una

hembra. Sucede, por otro lado, que en cualquier población el número de descendientes de las hembras es igual al número de descendientes de los machos, pues cada individuo que nace tiene un padre y una madre. Esto vale también en una población en la que haya más hembras que machos, pero en ella el número de descendientes *por hembra* será menor que el de descendientes por macho.

Así, si una población de 30 machos y 70 hembras produce una siguiente generación de 100 individuos, cada uno dotado por su madre de la mitad de sus genes y por su padre de la otra mitad, cada hembra habrá producido *en promedio* 1,42 descendientes, mientras que los de cada macho serán 3,33. En otras palabras, en promedio cada uno de los individuos menos abundantes en una población produce un número mayor de descendientes que cada uno de los más abundantes. Y como la evolución lleva a que se difundan en la población los rasgos de los individuos que producen más descendientes, pues ellos transmiten sus genes a un número mayor de herederos, el sexo minoritario tenderá a hacerse más abundante y, a la larga, esa ventaja numérica de uno de los sexos desaparecerá.

Habitualmente, la capacidad de los machos de fecundar hembras sobrepasa las oportunidades reales que tienen de hacerlo, lo que conduce a que se establezca una competencia entre ellos. En las circunstancias en que se encuentran la mayoría de las poblaciones, en las que los apareamientos acontecen al azar, se puede anticipar que las madres producirán una proporción de machos

Arriba izquierda. Avispa hembra del género *Blastophaga*.
Arriba derecha. Avispa *Ceratosolen jucundus* poniendo huevos en el estilo de una flor de higos *Ficus septica*.
Abajo. Avispa de la especia *Ceratosolen jucundus* poniendo huevos en higos de la especie *Ficus septica*.

Fotos F Kjellberg, CEFE-CNRS, Montpellier. Las escalas indican 2mm.

Diminutas avispas de color negro del género *Telenomus* fotografiadas sobre huevos de otro insecto, el fitófago *Liorhyssus hyalinus*, adheridos a una planta de la lechuga silvestre *Lactuca serriola*. Algunas especies de *Telenomus*, como *T. fariai*, parasitan huevos de insectos del género *Triatoma*, al que pertenece la vinchuca (*T. infestans*). Foto H Dumas, Wikimedia Commons.

del orden de 50%, porque producir menos machos comprometería sus posibilidades de éxito en la competencia por las nueras. Esto sugiere que la proporción de sexos en la población es consecuencia del comportamiento individual de las hembras, cosa que efectivamente sucede, como lo indicaremos enseguida.

Las consideraciones anteriores sobre la proporción de machos se apoya sobre ciertas suposiciones que no son forzosamente ciertas en todos los casos, entre ellas, (i) que la determinación del sexo de cada individuo depende de un mecanismo heredable que la adapta a la razón de sexos en la población; (ii) que los apareamientos se realizan al azar entre todos los integrantes de la población, y (iii) que se requiere el mismo gasto de energía y otros recursos para producir descendientes de uno o el otro sexo. Téngase presente que el hecho de que en promedio nazcan tantos machos como hembras no implica que cada madre producirá el mismo número de unos y otras. Por otro lado, solo hemos considerado animales y plantas en la que los sexos están separados en individuos distintos, aunque existen muchas especies animales y, sobre todo en plantas, en que cada individuo es hermafrodita, lo cual plantea otras cuestiones en las que no entraremos.

La competencia por los apareamientos

En muchos casos, las circunstancias hacen que los apareamientos no tengan lugar al azar entre todos los individuos de la población sino con mayor probabilidad entre vecinos. Un caso extremo es el de una única hembra ingresada en un higo, según se describió al inicio. Las posibilidades de apareamiento de sus descendientes se limitan a los integrantes de la familia y, como hemos observado, en su descendencia predominarán las hembras. Si en el inicio hubiera más de una hembra, se generará competencia entre hijos de distintas madres y, en consecuencia, aumentará el nacimiento de machos. Un número relativamente alto de fundadoras llevará a una situación semejante a la de una pequeña población, en la que los machos competirán por las cópulas y la proporción de machos será más equilibrada. Estas situaciones se denominan de competencia local por los apareamientos.

La flexibilidad en la proporción de descendientes de cada sexo según el número de fundadoras resulta facilitada por el mecanismo de determinación del sexo de las avispas, el cual –igual que el de las abejas y las hormigas– es bastante singular. A diferencia de lo que ocurre con la mayor parte de los animales, en los insectos nombrados, tanto de huevos fecundados como de no fecundados nacen adultos normales, pero de los fecundados nacen solo hembras y de los no fecundados, solo machos. Cada hembra copula una única vez y mantiene vivo el esperma que recibe en una estructura particular, la *espermateca*. En el momento de poner un huevo, puede dejar pasar un espermatozoide que fecundará el óvulo, con lo cual el nuevo individuo será hembra y tendrá en sus células dos juegos de cromosomas (técnicamente, será *diploide*), o puede impedir el paso de un espermatozoide, con lo que el huevo no resultará fecundado, y nacerá un macho que tendrá un solo juego de cromosomas (será *haploide*). Las madres de esos insectos, en consecuencia, tienen la capacidad de controlar el sexo de sus crías, una forma de reproducción que se llama *haplo-diploide*.

Cuando las hembras determinan el sexo de sus crías no realizan un acto racional orientado a un propósito: actúan en respuesta a señales internas o del medio, las que ponen en marcha los mecanismos biológicos que resultan en esa determinación. En otras palabras, su com-

Vinchuca (*Triatoma infestans*). Mide unos 2cm de largo. Zoologische Staatssamlung München, Wikimedia Commons.

portamiento es el resultado de la selección natural. La aparente racionalidad del comportamiento suele inducir a error a quienes lo desconocen o no lo comprenden y llevarlos a interpretar erróneamente la adaptación como un resultado voluntario. En el caso de las avispas en los higos, las señales de la presencia de otras hembras desencadenan el comportamiento comentado.

Lo explicado se ha puesto a prueba en forma experimental en numerosos estudios de avispas polinizadoras de higos haciendo que diversos números de hembras ingresen en higos y luego registrando el sexo de sus descendientes. Los resultados encontrados coinciden notablemente con lo explicado.

Particularmente interesante es el caso de las diminutas avispas del género *Telenomus*, que ponen sus huevos sobre los de otros insectos. Así, *T. fariai* lo hace sobre huevos de vinchucas (*Triatoma infestans*), la chinche que transmite la enfermedad de Chagas. Pone alrededor de cinco a ocho huevos sobre cada huevo de vinchuca y de ellos emerge un número limitado de avispas macho, normalmente uno, y el resto hembras, que luego son fertilizadas por su hermano. Se constató experimentalmente que si una avispa pone sola, en promedio el 12% de los integrantes de la generación de sus hijos son machos, valor que sube al 30% para grupos de seis avispas hembras poniendo juntas. Las avispas que ponen solas producen un único huevo no fecundado con notable precisión, lo que muestra que no es un resultado al azar, y dejan señales químicas sobre el huevo de vinchuca que sirven de indicación para las avispas que lo visiten después, señales que afectan la proporción de huevos no fecundados que pondrán esas últimas avispas.

Variaciones y circunstancias

Los organismos haplo-diploides, como las avispas a las que nos hemos referido, tienen un capacidad muy alta de controlar el sexo de su descendencia. En las especies diploides con cromosomas sexuales, entre ellas los mamíferos y las aves, esa capacidad es limitada pero no nula. Y hay especies en las que dicha capacidad es aún más limitada, porque el sexo viene determinado por factores ambientales por lo general independientes de los progenitores. Así, en ciertos peces, las tortugas y los cocodrilos, la temperatura a la que están los huevos en un período crítico de la incubación determina el sexo de las crías, aunque las hembras tienen cierta capacidad de elegir el lugar en el que ponen los huevos.

Otro aspecto importante que debemos considerar es el costo comparativo de producir descendientes de uno u otro sexo. Hasta aquí lo hemos supuesto igual, pero ello frecuentemente no es así. Si imaginamos una población en la que criar a un macho requiere, por parte de la madre, la inversión del doble de recursos (alimentos, cuidados, etcétera) que criar a una hembra, advertiremos que el esfuerzo necesario para producir un macho permite la producción de dos hembras. Lo contrario acontece, obviamente, si los descendientes más onerosos son las hembras. En esos casos, la evolución tenderá, no a que se produzca un número similar de individuos de cada sexo, sino a que sean iguales las inversiones totales de recursos en cada sexo. Los datos experimentales y las observaciones de campo corroboran esta deducción.

Marmota alpina (*Marmota marmota*).

Un ejemplo de lo anterior está dado por la marmota alpina (*Marmota marmota*), un roedor que pesa unos 4kg y vive entre los 800 y los 3200m de altura en las montañas de Europa central y meridional, cuyos machos jóvenes permanecen por uno o más años en el nido y así ayudan a mantener la temperatura de este durante el invierno. Se puede decir que con ello devuelven a sus padres una parte de la inversión que estos hicieron para criarlos. Las hembras, en cambio, abandonan el nido paterno al llegar a adultas, por lo que el costo neto de criarlas es mayor que el de criar machos y la razón de sexos en la población es de 1,16 machos por hembra, una diferencia significativa.

Otro caso interesante es el de las plantas. La mayoría son hermafroditas, pero en alrededor del 6% de las especies los individuos son masculinos o femeninos (técnicamente, son especies *dioicas*). En un estudio de estas últimas realizado por un grupo de investigadores de la Universidad de Toronto, en aproximadamente la mitad de las analizadas la proporción de los sexos no difirió significativamente del 50%. En las *Ficus carica*, las higueras hermafroditas y femeninas también están en una proporción del 50%.

Las plantas dependen del viento o de animales –insectos, de aves o de mamíferos– para el transporte de polen y de semillas. En el primer caso necesitan producir mucho polen puesto que la mayoría de los granos de polen termina lejos de otras plantas. Esto significa un costo alto para los machos, mayor que el soportado por los congéneres de las plantas polinizadas por animales. En cambio, para que polen y semillas sean transportados por estos es necesaria una mayor inversión de la planta en tener flores o frutos carnosos que atraigan a los polinizadores. La paridad en la inversión reproductiva en los dos sexos lleva a la producción de más individuos del sexo menos oneroso. Se puede deducir, entonces, que en las plantas polinizadas por el viento nacerán más hembras que machos, y que sucederá lo inverso en las polinizadas por animales. Estas suposiciones coinciden con los resultados de las observaciones de campo y los experimentos.

Resumiendo, hemos visto que, por lo general, la razón de sexos tiende a ser equilibrada, pero eso requiere que las cópulas se hagan al azar en la población. Cuando las cópulas están restringidas a la familia esperamos que las madres produzcan descendencias con un limitado número de machos, lo que hace menos rigurosa la competencia entre hermanos. Otra suposición importante es que la inversión de los padres en la producción de descendientes es independiente del sexo de estos. Ejemplos tomados de organismos tan diversos como mamíferos y vegetales nos muestran qué ocurre cuando esa condición no se cumple.

Las razones de sexos pueden variar de una especie a la otra, pero el enfoque evolutivo nos permite poner todos los casos en un marco de referencia común y ganar en la comprensión de los fenómenos. Las reflexiones que hemos apuntado pueden expresarse de manera rigurosa en lenguaje matemático, que permite hacer predicciones, pues los estudios sobre la distribución de los sexos en las poblaciones están basados en conclusiones y predicciones de modelos matemáticos, los que incluso inspiraron muchos experimentos. A pesar de que esos modelos se basan en hipótesis que simplifican la realidad biológica, han captado con razonable aproximación los rasgos esenciales de dicha realidad y permiten hacer predicciones que suelen arrojar valores llamativamente cercanos a los que se miden en el campo o se obtienen como resultados de experimentos. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ALLAINÉ D *et al.*, 2000, 'Male-biased sex ratio in litters of Alpine marmots supports the helper repayment hypothesis', *Behavioral Ecology*, 11, 5: 507-514.

CHARNOV EL & BULL J, 1977, 'When is sex environmentally determined?', *Nature*, 266: 828-830.

CHARNOV E *et al.*, 1981, 'Sex ratio evolution in a variable environment', *Nature*, 289: 27-33.

FIELD DL, PICKUP M & BARRETT SC, 2013, 'Comparative analyses of sex-ratio variation in dioecious flowering plants', *Evolution*, 67, 3: 661-672.

HERRE EA *et al.*, 1997, 'Fig-associated wasps: Pollinators and parasites, sex ratio adjustment and male polymorphism, population structure and its consequences', en Choe JC & Crespi BJ (eds.), *The Evolution of Mating Systems in Insects and Arachnids*, Cambridge University Press.

RABINOVICH JE, JORDÁ MT & BERNSTEIN C, 2000, 'Local mate competition and precise sex ratios in *Telenomus fariai*, a parasitoid of triatomine eggs', *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 48, 4: 308-315.

WEST ST, 2009, *Sex allocation*, Monographs in population biology, Princeton University Press.

Carlos Bernstein

D Phil, Universidad de Oxford. Director de investigación honorario (CNRS), Laboratorio de Biometría y Biología Evolutiva, Universidad Claude Bernard, Lyon.

carlos.bernstein@gmail.com

Walter Delrio
Instituto Patagónico de Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales (IPEHCS),
Universidad Nacional del Comahue-Conicet

¿A qué se llama la 'conquista del desierto'?

Cuando asistía a la escuela primaria, en 1979, se celebró el centenario de la 'conquista del desierto' (término que pusimos entre comillas por razones que la lectura de lo que sigue dejará en claro). Fue ocasión para que orquestas militares recorrieran los colegios, se construyeran mangrullos en las plazas representando a los fortines del desierto, diarios nacionales y regionales y revistas infantiles publicaran suplementos especiales e, incluso, para que el canal 9 de Buenos Aires emitiera *Fortín Quieto*, la primera miniserie televisiva en color en el país. En General Roca, en el valle del río Negro, tuvo lugar un congreso de historia sobre las campañas militares, y en Choele Choel se inauguró un imponente monumento y se realizó una cabalgata conmemorativa.

A mis once años, me enseñaron que la 'conquista del desierto' puso fin a los malones de los indios bárbaros, los cuales robaban ganado, mujeres y niños, y asesinaban a los varones. Me dijeron que los indios no eran nativos sino que venían de Chile, adonde llevaban las riquezas robadas en las estancias y los pueblos de nuestra pampa. Por fin, me aseguraron que las campañas militares de 1878-1885 habían sido necesarias para no perder la Patagonia a manos de los chilenos. Ese era el relato legado por la generación de 1880, que se mantenía vigente entones, en plena dictadura militar, cuando estaban frescos los aires de guerra con Chile por las islas del canal de Beagle, así como el llamado Operativo Independencia, realizado en Tucumán en 1975 para eliminar a quienes la dictadura consideraba un 'enemigo con ideas foráneas'.

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Epopeya civilizadora o genocidio? Una discusión académica esclarecedora con la que los medios de comunicación y el gran público tienen poca familiaridad.

En mis estudios universitarios de historia solo leí un texto sobre vida y cultura de los pueblos de las pampas y del norte de la Patagonia, escrito por el historiador Raúl Mandrini (1943-2015), en un curso de antropología del Ciclo Básico Común de la UBA. Fue uno de los trabajos más estimulantes de los que llegaron a mis manos en toda mi carrera de grado. Para entonces tomaba forma un profundo cambio historiográfico sobre estas cuestiones, influido tanto por una renovación del pensamiento internacional acerca de las relaciones entre las potencias colonizadoras y los pueblos nativos, como por un mayor reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas por parte de las Naciones Unidas y de la Organización Internacional del Trabajo.

Roca y su estado mayor. De izquierda a derecha, Lorenzo Wintter, Teodoro García, Julio A Roca y Conrado Villegas, 1879. Foto Antonio Pozzo. Museo Roca.

Oficiales del regimiento 3 de caballería, 1883. Foto Pedro Morelli. AGN.

En esas circunstancias, tanto la antropología como la historia académicas estaban cuestionando los relatos que, aun con matices y leves renovaciones, habían permanecido inalterados por un siglo y dado lugar a políticas estatales de sometimiento de los pueblos indígenas basadas en dos conceptos: la guerra y la asimilación. Así, el discurso de la 'guerra ganada' aparecía ya en los partes militares del general Julio A Roca, ministro de Guerra y Marina, quien los esgrimió como propaganda en la disputa electoral que lo llevó a la presidencia de la república en 1880.

El sometimiento indígena se consideraba en aquellos tiempos un capítulo más del avance de la civilización sobre la barbarie. En ese contexto, las arengas a la tropa y las memorias del ministerio de Guerra y Marina incluían citas de la literatura universal por las que se presentaban las campañas militares en la pampa y el norte de Patagonia de 1878-1885 como continuación de la tarea inconclusa de la conquista española. El discurso dejó en el olvido más de trescientos años de relaciones entre españoles, hispanocriollos y poblaciones indígenas en que los enfrentamientos estuvieron matizados por alianzas y tratados.

El discurso del ministerio de Guerra y Marina fue reforzado por figuras de gravitación política e intelectual, como Estanislao Zeballos (1854-1923), cuyos libros fueron lectura obligatoria para los oficiales de las fuerzas armadas. A pesar de que hablaba de una comunidad de lengua y costumbres a uno y otro lado de la cordillera norpatagónica, y de su relato de intercambios y de relaciones sociales transcordilleranas, Zeballos acusaba al cacique Calfucurá de extranjero invasor que había sometido a los indígenas de la pampa.

En el ámbito parlamentario y en la prensa, sin embargo, se oyeron críticas a la campaña de Roca en el mismo momento en el

que esta tenía lugar. El propio diario *La Nación*, dirigido por Bartolomé Mitre, llegó a acusar a Roca y a su hermano Rudecindo, comandante de frontera, de cometer delitos de lesa humanidad. No obstante, a la vez que el roquismo y el Partido Autonomista Nacional se consolidaban como fuerza nacional dominante, también comenzó a imponerse la idea de que la 'conquista del desierto' debía recordarse por siempre como una epopeya de la civilización argentina.

La otra justificación del proceso de sometimiento, la retórica de la asimilación, se presentaba ya en la década de 1870 –e incluso desde mucho antes, pues se pueden rastrear sus antecedentes coloniales– como una conversión de los pueblos originarios a la civilización y como la eliminación de su condición indígena. Es la visión que transmiten discursos, iniciativas y medidas protagonizados por políticos, intelectuales y religiosos de la época, que apuntaban a la eliminación del orden social y cultural de los pueblos indígenas.

Entre las formas de promover la asimilación estaba el empleo de los indígenas como mano de obra, la distribución de menores y jóvenes entre familias criollas y la evangelización. La eliminación del mundo indígena fue entendida como parte de una historia evolutiva, lo cual quedó expresado con claridad, por ejemplo, por Francisco P Moreno, director fundador del Museo de Historia Natural de La Plata, quien en 1887 aclaraba que la historia natural del país consistía en el avance de sociedades superiores sobre las menos complejas. De esta forma, el proceso de sometimiento de los pueblos originarios era entendido como parte de la historia de la evolución humana.

A lo largo de un siglo, en los debates parlamentarios, en la prensa y en las políticas de los distintos gobiernos nacionales se advierte esta doble interpretación del sometimiento indígena que aseguraba la inminente extinción de sus sociedades: la guerra para mantener la integridad territorial nacional y la asimilación civilizadora como proceso evolutivo y natural y como misión protagonizada por el Estado con la asistencia de Iglesias, sociedades de beneficencia y otras instituciones ocupadas de tutelar la inclusión de los indígenas en la sociedad nacional.

Esta manera de concebir la cuestión indígena tuvo un efecto negativo sobre los reclamos políticos y jurídicos de comunidades, organizaciones, familias y personas, ya que les impidió invocar sus derechos y tradiciones como pueblos precolombinos. Si bien existieron voces críticas que denunciaban la violencia del sometimiento y la incorporación indígena, estas no cuestionaron los argumentos de fondo que hablaban de la conquista como un episodio deseable e inevitable. Frente a autoridades es-

El cacique Villamain y su tribu en sus tolderías en Ñorquín, en el noroeste de Neuquén, 1883. Foto Pedro Morelli. Servicio Histórico del Ejército.

Oficina telegráfica del Fortín Primera División, Cipolletti. Foto Pedro Morelli. Servicio Histórico del Ejército.

tatales e instituciones de la sociedad que entendían que las culturas y organizaciones originarias deberían tarde o temprano desaparecer, las comunidades indígenas tuvieron todo tipo de dificultades para preservar sus formas de vida.

El retorno al gobierno constitucional en 1983, que permitió el cuestionamiento legal de los crímenes cometidos por la dictadura militar, condujo a que se creara una nueva conciencia de los derechos civiles. En este nuevo marco, los pueblos indígenas, por la acción de sus organizaciones, lograron incorporar por primera vez sus derechos en una agenda más amplia, enmarcada en la categoría de derechos humanos. El contexto internacional también se volvió favorable a este reclamo, a partir de similares tomas de conciencia del sometimiento de la población indígena de muchos lugares del mundo y de la violencia ejercida contra ella.

La conmemoración de los 500 años del viaje de Colón de 1992 fue una instancia clave para que estas denuncias llegaran a los medios y al gran público de toda América, y se popularizaran los conceptos de genocidio y etnocidio. También comenzaron a emplearlos y a discutirlos en esos años historiadores, antropólogos y sociólogos, los que retomaron y profundizaron planteos previos de investigadores como el mexicano Miguel León Portilla o el francés Nathan Wachtel. Este replanteo adoptó formas diferentes en diversos países, entre ellos, los latinoamericanos, los Estados Unidos o Australia.

Asimismo, 1983 marcó el inicio de cambios en la forma de analizar el sometimiento indígena en el medio académico argentino y, más importante, en la construcción del conocimiento de la cultura, la historia y el presente de esos pueblos. Figuras destacadas de ese giro fueron la antropóloga Martha Bechis y el mencionado

TRES SIGLOS DE RELACIONES FRONTERIZAS

Las relaciones entre hispanocriollos y pueblos indígenas en el área pampeana, norpatagónica y araucana comenzaron a mediados del siglo XVI, e incluyeron un intenso intercambio de esos pueblos con los asentamientos coloniales de Santiago de Chile, Mendoza, Córdoba y Buenos Aires. Durante largo tiempo, los proyectos hispánicos de ocupación del territorio al sur de la extensa frontera que separaba ambas poblaciones no prosperaron. Pese a la existencia de diferencias culturales y distintas identidades territoriales, las sociedades indígenas articularon alianzas que les permitieron mantener su independencia de la sociedad colonial, con la que se vinculaban mediante relaciones comerciales y sociales fundadas en parlamentos y tratados.

Este sistema no se modificó tras la emancipación de las colonias españolas y a lo largo del período de construcción de los nuevos Estados republicanos. Entre 1810 y 1880 la línea de frontera (un área imprecisa y porosa) no se alteró sustancialmente y continuó la práctica de establecer acuerdos que regularan los intercambios. No obstante, existieron algunos movimientos de la frontera en el contexto del aumento de la renta de la tierra y de los precios de los productos pecuarios, particularmente en el sur de la provincia de Buenos Aires.

Las tensiones generadas desembocaron en ocasiones en incursiones armadas de las fuerzas hispanocriollas. Las más significativas fueron las destinadas a provocar o consolidar un alejamiento de la frontera. Así, entre 1820 y 1824 el gobernador de la provincia de Buenos Aires, Martín Rodríguez, llevó la línea de frontera allende el río Salado. Después Juan Manuel de Rosas se propuso moverla más al sur. Si bien en 1833 promovió campañas militares que llegaron hasta la isla de Choele Choel en el río Negro, fundamentalmente procuró hacerlo por medio del trato pacífico, estableciendo alianzas con determinados grupos de la sociedad indígena. Tras la caída de Rosas, la frontera se retrotrajo y, desde 1860, retomó un lento avance desde la línea imaginaria que une el río Quequén Grande, las sierras de Tandil, Tapalqué y Fortín Esperanza (origen del actual General Alvear) con Cruz de Guerra (en la zona del actual 25 de Mayo), Bragado y Junín.

A principios de la década de 1870 el Estado argentino aún no estaba en condiciones de disputar el territorio pampeano a los pueblos indígenas. Si bien la sociedad hispanocriolla abrigaba proyectos de construcción de una unidad geopolítica en la que el espacio indígena era visto como territorio nacional, otras demandas políticas y militares necesitaban los esfuerzos gubernamentales, en especial,

Mandrini, quienes propusieron abordar la historia de los pueblos pampeanos y norpatagónicos en un marco de referencia que excediera la frontera nacional e incluyera la Araucanía chilena. Sus trabajos, igual que los de otros autores argentinos como Miguel Ángel Palermo y Lidia Nacuzzi, o los de académicos chilenos como José Bengoa, Leonardo León Solis y Jorge Pinto Rodríguez, rompieron los estereotipos que concebían a las sociedades indígenas de la región como un mundo social estático cuya modificaciones solo consistían en pérdidas culturales, extinciones de grupos o dominio de un grupo sobre otro. Investigadores europeos y norteamericanos, como el francés Guillaume Boccara y la estadounidense Kristine Jones, adoptaron puntos de vista similares.

Instrucción del batallón 2 de infantería de línea. Foto Pedro Morelli. Servicio Histórico del Ejército.

la guerra del Paraguay y rebeliones como la de Ricardo López Jordán en Entre Ríos y la encabezada en 1874 por el ex presidente Bartolomé Mitre.

No obstante, en esa década hubo varios cambios decisivos. Por un lado, el gobierno argentino decidió variar el carácter legal de los tratados acordados con los pueblos indígenas, y en vez de encuadrarlos en el derecho de gentes o derecho internacional, comenzó a tratarlos como acuerdos internos o de derecho privado. En este contexto, la figura del cacique fue interpretada por el gobierno nacional como el organizador de un grupo, la tribu. Comenzó así a utilizarse preferentemente la expresión tribus indias por sobre la de naciones indias, expresiones antes intercambiables.

Por otra parte, hacia la segunda mitad de la década de 1870 el escenario político y económico sufrió grandes cambios. Tanto para las elites nacionales como regionales la incorporación del espacio pampeano y patagónico se volvió prioritaria. La cuestión de la soberanía se tornó un elemento económico y geopolítico indispensable para la construcción y consolidación del territorio nacional. Ello representó una variación significativa en cuanto a los recursos que entraban en disputa en las relaciones interétnicas.

En 1876, Adolfo Alsina, ministro de Guerra y Marina del presidente Nicolás Avellaneda, lideró un importante avance de las fronteras pampeanas, que acompañó con la creación de una doble línea de fortines y la construcción de una zanja en el perímetro exterior que corría cerca del actual límite de la provincia de Buenos Aires. La muerte de Alsina dejó la zanja inconclusa y su sucesor, Julio A Roca, fue el encargado de llevar a cabo las campañas militares que desde fin de 1878 ocuparían progresivamente toda el área pampeana y norpatagónica.

Durante los primeros años de la década de 1880 los Estados argentino y chileno completaron la conquista definitiva de esos territorios y acordaron acciones para consolidarla. En 1881, las tropas argentinas se internaron en el norte patagónico y llegaron hasta el llamado país de las Manzanas, cuyo centro era el sudoeste del actual Neuquén. Luego de alcanzar el lago Nahuel Huapi, las fuerzas del ejército se retiraron para evitar el invierno y hacia fin de 1882 retomaron la ofensiva. Junto con tropas chilenas, ocuparon los pasos cordilleranos y establecieron fortines para controlar los movimientos de la población indígena. Desde los primeros meses de 1883 y hasta enero de 1885 divisiones del ejército argentino batieron el territorio patagónico para someter a la población nativa que todavía resistía.

Los enfoques arqueológicos y la etnohistoria también ayudaron a desentrañar el complejo panorama de relaciones sociales, económicas y políticas de los diversos grupos indígenas asentados en el extenso espacio entre el Pacífico y el Atlántico, en el que también habitaban hispanocriollos. Se puso así de manifiesto que las fronteras entre las sociedades de estos y de aquellos eran porosas y cambiantes, y que la cordillera de los Andes había sido atravesada de modo continuo en una y otra dirección a lo largo de los siglos, mucho antes de la formación de los Estados chileno y argentino.

Una importante novedad metodológica de las últimas décadas fue el uso de la memoria oral como fuente histórica. Los relatos transmitidos de generación en generación permitieron complementar los conocimientos obtenidos de la documentación de archivos históricos y comprender mejor el funcionamiento de redes sociales y los patrones de movilidad espacial. Ello también abrió la posibilidad de conocer la perspectiva indígena sobre estas cuestiones.

De lo anterior resultaron nuevas preguntas con las que volver a los repositorios documentales. De hecho, en diversos archivos nacionales y provinciales, lo mismo que en la prensa y en registros parroquiales, estaban disponibles listas de personas concentradas y trasladadas, de menores apropiados, descripciones de los procesos de confinamiento y explotación laboral esperando ser utilizadas.

Hoy advertimos dos tendencias contrapuestas en los enfoques de las investigaciones sobre la 'conquista del desierto'. Por un lado, algunos identifican más elementos de continuidad que de cambio. En sintonía con lógicas anteriores de enfrentamiento en la frontera, conciben los sucesos de 1878-1885 como un capítulo de una guerra más larga. La participación de indígenas en las filas de las fuerzas armadas nacionales sería una prueba de esa continuidad. Por otro lado, están quienes enfatizan que la conquista significó un cambio drástico de las relaciones entre fuerzas estatales e indígenas, y enfatizan la política de exclusión y el propósito de eliminar los pueblos a los que estos pertenecían. En otras palabras, para los segundos las campañas de esos años no son vistas solo como parte de conflicto armado sino también como un genocidio.

Quienes adoptan la visión de la guerra argumentan que hablar de genocidio supone victimizar a los indígenas e impide advertir que ellos resistieron y, en ocasiones, optaron por unirse a los vencedores. Quienes defienden la interpretación del genocidio sostienen que el enfoque del conflicto armado desconoce la importancia de la expropiación, deportación, división de familias, ocultamiento de la identidad de menores y negación de las formas de

Misioneros en Choele Choel, entre los que se encontraba Antonio Espinosa, futuro arzobispo de Buenos Aires, impartiendo instrucción religiosa a indígenas, principalmente niños, 1879. Foto Antonio Pozzo. AGN

Ángel Della Valle, *La vuelta del malón,* 1892. Escena de tradición romántica que contribuyó a construir el estereotipo del indígena como 'un salvaje dedicado a robar ganado, mujeres y otros bienes para llevarlos a Chile', de donde supuestamente provenía. Casi medio siglo antes Johann Moritz Rugendas había pintado escenas similares. Foto MNBA. *https://www.bellasartes.gob.ar/coleccion/obra/6297*

organización política, social y económica de los pueblos indígenas, lo cual –sugieren– configuró una política de Estado destinada a eliminar la misma existencia de esos pueblos. Para este enfoque, hablar de genocidio no supone ignorar la resistencia de las personas y los grupos que fueron objeto de violencia, pero la coloca en el marco de sus reales condiciones y posibilidades.

Los estudios académicos sobre el proceso de sometimiento estatal de los pueblos indígenas se han multiplicado notablemente en los últimos veinte años. Más allá de los diferentes enfoques, existe consenso en la necesidad de superar el estereotipo del indígena como un salvaje dedicado a robar ganado, mujeres y otros bienes para llevarlos a Chile, de donde supuestamente provenía, retratado en la tradición romántica por el pintor Ángel Della Valle (1852-1903) en su conocido *La vuelta del malón* (1892). No obstante, el estereotipo aún perdura con fuerza en la sociedad argentina: no es raro que los medios de comunicación todavía se refieran a los mapuches como chilenos que exterminaron a los tehuelches argentinos, en la ignorancia del conocimiento académico acumulado en estas décadas.

La vigencia de estos prejuicios indica la fuerza que todavía posee el discurso dominante desde fines del siglo XIX, y el hondo arraigo en la sociedad de ciertas creencias. El nuevo conocimiento académico y las iniciativas políticas de los pueblos indígenas, así como las discusiones actuales sobre la legitimidad de estatuas, nombres de calles y plazas conmemorativas de la 'conquista del desierto', por contraste, reflejan los esfuerzos de una sociedad en cambio por comprender mejor el pasado e interpretar de otro modo este capítulo de su historia. CH

LECTURAS SUGERIDAS

DELRIO W,2005, *Memorias de la expropiación. Sometimiento e incorporación indígena en la Patagonia (1872-1943),*Universidad Nacional de Quilmes.

LENTON D., 2014, 'De centauros a protegidos. La construcción del sujeto de la política indigenista argentina desde los debates parlamentarios (1880-1970)', *Archivos virtuales de la alteridad americana*, 4, 2, accesible en *https://corpusarchivos.revues.org/1290.*

MANDRINI R., 1993, 'Guerra y paz en la frontera bonaerense durante el siglo XVIII', Ciencia Hoy, 4, 23: 26-35.

MANDRINI R, 2008, *La Argentina aborigen. De los primeros pobladores a 1910,* Siglo XXI, Buenos Aires.

MASÉS EH, 2010, *Estado y cuestión indígena. El destino final de los indios sometidos en el sur del territorio 1878-1930*, Prometeo, Buenos Aires.

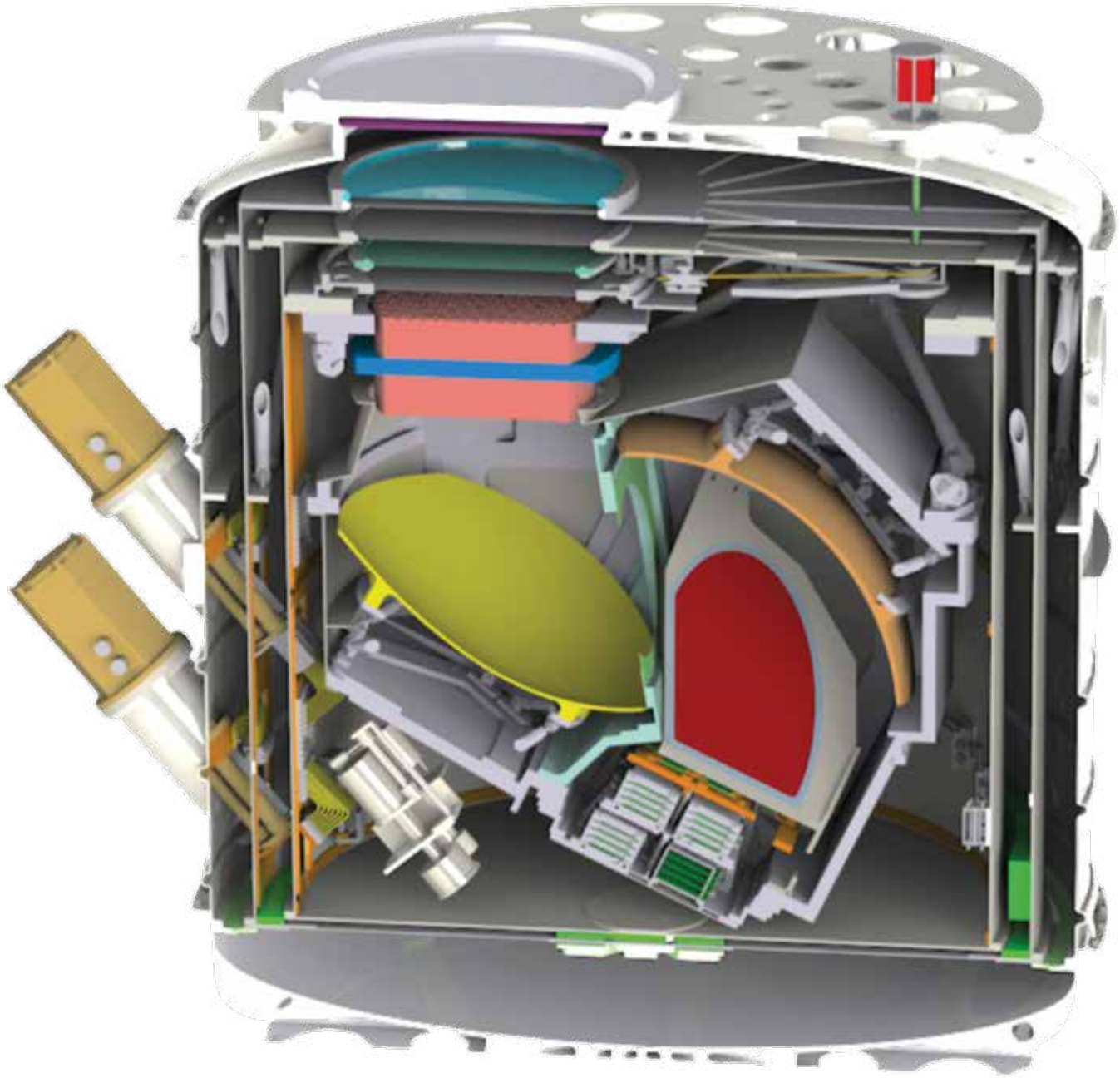
NAGY M, 2013, *Estamos vivos. Historia de la comunidad indígena Cacique Pincén, provincia de Buenos Aires (siglos XIX-XXI)*, Antropofagia, Buenos Aires.

PÉREZ P, 2016, *Archivos del silencio. Estado, indígenas y violencia en la Patagonia central (1878-1941)*, Prometeo, Buenos Aires.

VEZUB JE, 2009, *Valentín Saygüeque y la 'Gobernación Indígena de Las Manzanas'. Poder y etnicidad en la Patagonia septentrional 1860-1881*, Prometeo, Buenos Aires.

Walter Delrio

Doctor en antropología, UBA.
Magíster en historia, Universidad de Chile.
Investigador independiente del Conicet y director, IPEHCS.
Profesor titular, Universidad Nacional de Río Negro.



Corte esquemático del detector QUBIC. El instrumento está encerrado en una carcasa cilíndrica o criostato de 1,8m de alto y 1,6m de diámetro, que lo protege y mantiene a -269ºC. Está abierto al cielo por una ventana de 45cm de diámetro de polietileno rígido de alta densidad, transparente a la radiación de microondas que el experimento procura medir. Escudriña el espacio en dos frecuencias: 150 y 220GHz y registra dicha radiación con dos técnicas (llamadas respectivamente *interferometría* y *bolometría*) mediante un conjunto de 1024 fotodetectores, cuyas señales permiten analizar las características de la radiación en estudio. Mantener el equipo a una temperatura tan baja, apenas 4ºC por encima del cero absoluto, requiere disponer de un complejo sistema de refrigeración, especialmente diseñado para QUBIC.

Integrantes argentinos de la colaboración internacional QUBIC

QUBIC
Un experimento internacional de cosmología observacional con participación argentina

El Big Bang es la teoría cosmológica más ampliamente aceptada sobre la evolución del universo entre sus instantes iniciales y hoy. Describe matemáticamente cómo este se expandió de un estado en el que tenía altísima densidad y temperatura, y toda la materia y la energía estaban concentradas bajo la forma de un plasma de partículas elementales, y luego se fue enfriando hasta el punto en que se formaron los primeros núcleos atómicos, empezando por el de hidrógeno, al que siguieron con el transcurso del tiempo otros núcleos livianos. El proceso desembocó en la constitución de las estrellas y las galaxias por acción de la gravedad.

La teoría comenzó a ser formulada en 1927 sobre la base de varios antecedentes por el clérigo belga Georges Lemaître (1894-1966), profesor de física de la Universidad de Lovaina, y fue desarrollada principalmente por el físico ruso nacionalizado norteamericano George Gamow (1904-1968), quien entre otras cosas concluyó en 1948 que en la actualidad existiría en el cosmos una débil radiación difusa de microondas que recibió el nombre de *radiación cósmica de fondo*, algo que en 1964 constataron experimentalmente en los laboratorios Bell, por pura casualidad, los radioastrónomos estadounidenses Arno Penzias, nacido en Alemania, y Robert Wilson, un descubrimiento que les valió el premio Nobel de física en 1978.

Esa radiación, que llega a la Tierra con la misma longitud de onda desde cualquier dirección en la que se apunten los radiotelescopios, y que permea el cosmos

¿DE QUÉ SE TRATA?

El análisis de las características de la radiación de microondas que nos llega del espacio podría llevarnos a entender mejor lo sucedido en los primeros instantes del universo.

Predio en Alto Chorrillos destinado a las instalaciones de los proyectos QUBIC y LLAMA.

Paisaje de la puna en camino a Alto Chorrillos.

Instrumental instalado en Alto Chorrillos para hacer mediciones preparatorias.

desde antes de que existieran las estrellas, es el más antiguo remanente que podemos detectar hoy del origen del universo y constituye, junto con las observaciones de 1929 del astrónomo estadounidense Edwin Hubble (1889-1953) sobre el desplazamiento hacia el rojo del espectro de la luz llegada de estrellas lejanas, una de las evidencias más importantes de la validez de la teoría del Big Bang y de la consiguiente expansión del universo. La edad de este, en consecuencia, sería la del alejamiento en el tiempo del inicio del proceso, que las mediciones más precisas realizadas datan de hace unos 13.800 millones de años.

La temperatura asociada con la radiación cósmica de fondo, que era elevadísima en los momentos tempranos del universo, fue descendiendo desde entonces hasta ubicarse hoy apenas por encima del cero absoluto, pero en 1992 por las mediciones del satélite COBE de la NASA se detectaron minúsculas diferencias (o *anisotropías*), de apenas unas diez millonésimas de grado, en la temperatura asociada con la radiación proveniente de distintas direcciones del espacio, diferencias que se interpretaron como la consecuencia de la manera en que se formaron las galaxias. Su descubrimiento les valió a los astrofísicos norteamericanos John Mather y George Smoot el premio Nobel de física de 2006. Confirmada por sucesivos experimentos, entre ellos las mediciones del satélite Planck de la Agencia Espacial Europea, dicha anisotropía constituye una confirmación adicional de la teoría o modelo del Big Bang.

Por otra parte, la radiación cósmica de fondo exhibe un pequeño grado de polarización. Decimos que la radiación electromagnética está polarizada cuando existe una dirección preferencial de oscilación de las partículas con carga eléctrica que la generan o la dispersan. Una antena emisora de radio, por ejemplo, emite señales con cierto grado de polarización, por lo que orientar la antena receptora con relación a esa polarización puede mejorar la señal recibida. Normalmente, la luz visible no nos llega polarizada, pero hay procesos, como la reflexión en una superficie, que pueden polarizarla. La radiación cósmica de fondo tiene una muy leve polarización cuya existencia fue confirmada en 2002 por un experimento realizado en el

Carcasa o envoltura externa del detector.

polo sur con un radiotelescopio instalado allí por la National Science Foundation de los Estados Unidos, y desde entonces su medición cada vez más precisa constituye un desafío relevante para la cosmología.

La polarización a la que nos estamos refiriendo es de dos tipos, llamados, respectivamente, modo E y modo B, que difieren debido que tienen distinto origen: la primera se relaciona con pequeñas irregularidades en la distribución de materia que dio origen a las galaxias, y la segunda, con ondas gravitacionales producidas en tiempos iniciales del Big Bang. Descubrir la huella de esas ondas gravitacionales primordiales, generadas en las primeras fracciones de segundo de la expansión del universo y mucho antes de que se constituyeran los objetos astronómicos que hoy existen, permitiría conocer detalles ignorados sobre las características del temprano Big Bang.

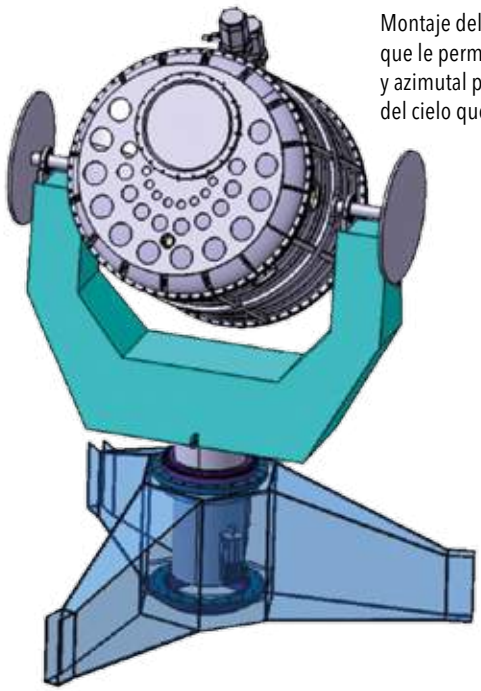
A pesar de haberse realizado algunos intentos y hasta de haberse creído en un par de ocasiones que se lo había logrado, no se ha podido aún medir la polarización del modo B, tarea para la cual se diseñó el experimento QUBIC, una colaboración internacional financiada con dinero de diversas fuentes –entre las que se destaca la Agencia Nacional de Investigaciones de Francia–, en la que participan varias universidades y laboratorios de Francia, Italia, el Reino Unido y los Estados Unidos, a los que se agregó la participación argentina.

Para llevar a cabo las mediciones en cuestión se ha programado instalar el primer instrumento en el altiplano salteño, en un paraje denominado Alto Chorrillos, a unos 20km hacia el oeste de San Antonio de los Cobres, alrededor de 200km de Salta y a 4900m sobre el nivel del mar. El instrumento fue diseñado por los integrantes de la colaboración internacional QUBIC y está en construcción en diferentes laboratorios e institutos argentinos y europeos. En Francia se trabaja sobre los detectores, el diseño de la mecánica de estos, la electrónica de lectura y la programación; en Italia, sobre el criostato, los espejos, las bocinas de las antenas y los conectores; en Irlanda, sobre simulaciones ópticas; en Inglaterra, sobre el diseño de bocinas, la criogenia interna, los filtros y el polarizador, y en la Argentina, sobre la adecuación del sitio, su infraestructura y el diseño mecánico de la montura.

También se programó localizar un segundo instrumento en la estación científica franco-italiana Concordia, en la Antártida. La elección del sitio para realizar mediciones astrofísicas de envergadura depende de un conjunto de factores, entre ellos los relacionados con la claridad de los cielos, la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa del aire (que es el parámetro crítico si se procura registrar microondas, pues la humedad afecta la sensibilidad del instrumento). La geología, la accesibilidad, las comunicaciones (en particular el acceso a internet), el apoyo local y la posibilidad de incorporar personal local de diferentes niveles también forman parte de esos factores. En cambio, tienen menos importancia para un observatorio de radioastronomía ciertos requisitos fundamentales para la instalación de telescopios ópticos, como la ausencia de fuentes de luz terrestre que creen contaminación lumínica.

El sitio de Alto Chorrillos ya había sido evaluado y elegido para instalar un radiotelescopio llamado Large Latin American Millimetre Array (LLAMA), producto de la cooperación científica argentino-brasileña. Para hacerlo el Conicet obtuvo en comodato por veinte años del gobierno provincial un área de 400ha. Para QUBIC solo se necesita ocupar 100m^2.

La descripción del diseño y la operación de los instrumentos de medición de QUBIC nos llevaría a tecnicismos que están más allá de las posibilidades de esta nota, en la que solo dejamos constancia de que se están preparando



Montaje del detector sobre un pie que le permite movimiento cenital y azimutal para apuntarlo al sector del cielo que se desee.

equipos que combinan dos técnicas de detección diferentes, interferometría y bolometría. Esos equipos escudriñarán el cielo en dos frecuencias (150GHz y 220GHz) y estarán ubicados dentro de una carcasa cilíndrica de unos 1,8m de alto y 1,6m de diámetro que actuará como recipiente refrigerado o criostato y los mantendrá a temperaturas muy próximas al cero absoluto. Esto implica disponer de un complejo sistema de refrigeración que está siendo especialmente diseñado para QUBIC.

La montura mecánica sobre la que se apoyará el instrumento, con movimiento cenital y azimutal, está siendo diseñada en la Universidad Nacional de La Plata y será construida localmente. En la Argentina se ha reunido alguna experiencia en construir y operar instalaciones para grandes proyectos de física experimental, por ejemplo, por su participación en el observatorio de rayos cósmicos Pierre Auger, ubicado en Malargüe, Mendoza.

De acuerdo con el cronograma acordado, se estima que el instrumento prototipo de prueba estará terminado en los laboratorios de París entre septiembre de 2017 y abril de 2018. Después de ensayarlo, el primer módulo de QUBIC será enviado a la Argentina para su instalación, prevista para mediados de 2018, y su puesta en funcionamiento a fines de ese año. Por su parte, la rama argentina de la colaboración pondrá en marcha, en laboratorios de la Universidad Nacional de Salta y de la oficina regional de CNEA, lo necesario para la integración final del instrumento en el país. También concluirá la preparación del si-

POLARIZACIÓN DE MODO B: HUELLA DE ONDAS GRAVITACIONALES PRIMORDIALES

La radiación cósmica de fondo es la luz más antigua que podamos observar, un vestigio del universo primitivo al que permeaba desde antes de que existieran galaxias, estrellas, planetas o átomos. Se propaga inalterada por el cosmos desde el momento en que protones y electrones se unieron y formaron átomos por vez primera, algo que acaeció al cabo de unos 380.000 años de expansión del universo a partir del Big Bang, un breve lapso comparado con los 13.4000 millones de años que transcurrieron desde entonces a nosotros.

La información que trae dicha radiación desde ese remoto pasado es excepcionalmente valiosa. Las anisotropías o minúsculas diferencias de temperatura entre las distintas direcciones de las que proviene que se mencionan en el texto son las huellas de pequeños excesos o déficits primordiales de materia en variadas regiones del espacio, que fue la causa de que hoy existan galaxias, estrellas y planetas.

La radiación cósmica de fondo transporta información sobre propiedades aún más primitivas del universo, codificada en su polarización. Esa radiación adquirió el pequeño grado de polarización comentado en el texto al ser dispersada por electrones antes de que estos se unieran con protones para formar átomos de hidrógeno. Cuánta polarización adquirió y en qué dirección dependió del movimiento de los electrones en ese momento y en cada lugar. Si los electrones se hubiesen movido con igual velocidad en todas las direcciones posibles, no habrían existido direcciones privilegiadas en las cuales tuvo lugar diferente dispersión, sea mayor o menor, y no habría habido polarización. En cambio, los mencionados pequeños excesos y déficits primordiales de materia, que dieron origen a las galaxias, produjeron anisotropías en el movimiento de los electrones, las que generaron polarización, verificada con precisión creciente por diferentes experimentos desde hace quince años.

Se requieren mediciones aún más precisas de la polarización para determinar si el movimiento de los electrones tenía vorticidad o remolinos. Si los tenía, se habrá generado polarización de tipo o modo B, además de la de modo E, en la que el movimiento carece de vorticidad. Los pequeños excesos y déficits primordiales de materia no generan remolinos sino solo oscilaciones radiales, las cuales solo generan polarización de modo E. En cambio, las ondas gravitacionales dan al movimiento la vorticidad que produce polarización de modo B.

Las ondas gravitacionales son olas del espacio-tiempo que se propagan a la misma velocidad que las ondas electromagnéticas. Llevó un siglo y requirió enormes esfuerzos comprobar su existencia, predicha por Albert Einstein en 1916. Lo logró el experimento Laser Interferometric Gravitational-Wave Observatory (LIGO), que registró el paso de ondas de ese tipo emitidas durante la colisión y el colapso de dos agujeros negros, un proceso astrofísico relativamente cercano y reciente en la escala del universo. La búsqueda de polarización de modo B en la radiación cósmica de fondo apunta a descubrir si había ondas gravitacionales antes de la aparición de objetos astrofísicos, es decir, si existieron ondas gravitacionales primordiales.

Se especula que los excesos y déficits primordiales de materia son consecuencia de efectos cuánticos durante un breve período de expansión exponencial del universo, denominado *período inflacionario*. Esos mismos efectos cuánticos predicen la existencia de ondas gravitacionales primordiales, que de existir habrían dejado su huella en la forma de polarización de modo B.

La polarización de modo E ha sido medida con alta precisión. Hace un par de años, experimentos realizados en el polo sur y en la puna de Atacama lograron también detectar polarización de modo B, producto de la distorsión de polarización de modo E provocada por un efecto de lente gravitacional, por el cual la atracción de la materia sobre la luz que llega desde lejos distorsiona su trayectoria como lo haría un vidrio irregular. En cambio, no se ha detectado polarización primordial de modo B en la radiación cósmica de fondo, supuestamente por lo minúsculo de sus efectos. Esos efectos, además, deben ser diferenciados de otros de diversos orígenes que contaminan la huella primordial que se busca desenmascarar.

Una calle de San Antonio de los Cobres.

tio de Alto Chorrillos, mientras que en San Antonio de los Cobres ya ha iniciado la labor de difusión y de educación sobre temas relacionados con el experimento.

El emplazamiento en plena puna salteña de esta clase de instalaciones traerá aparejada la necesidad de mejorar, entre otras cosas, la provisión de energía, las comunicaciones y los caminos de acceso al sitio, así como de construir en este y posiblemente en San Antonio de los Cobres sendas sedes que incluyan laboratorios y puedan ser compartidas por QUBIC y LLAMA. Se puede esperar, también, que ciertos beneficios económicos de estos proyectos se diseminen entre los pobladores de San Antonio de los Cobres en forma de demanda de bienes y servicios y oferta de empleo.

La detección de polarización primordial de modo B es uno de los grandes desafíos de la cosmología observacional contemporánea. Su medición podría confirmar que hubo una etapa inflacionaria en las primeras fracciones de segundo de expansión del universo, y cuáles fueron sus características. Varios experimentos de frontera decidieron enfrentar ese desafío. Entre ellos QUBIC, en la puna salteña. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ALEKOTTE I y HARARI D, 2002, 'Un desafío cósmico para observatorio Auger', Ciencia Hoy, 12, 71: 49-60.

ARNAL EM, 2009, '¿Dónde instalamos el telescopio?', Ciencia Hoy, 19, 110: 57-62.

ETCHEGOYEN A y FILEVICH A, 1996, 'Las mayores energías de la naturaleza. El proyecto Pierre Auger', Ciencia Hoy, 6, 35: 21-28.

GANGUI A, 2003, 'La polarización de la radiación cósmica de fondo', Ciencia Hoy, 13, 74: 56-61

Integrantes argentinos de la colaboración internacional QUBIC

Alberto Etchegoyen. Doctor (DPhil) en física, Oxford. Investigador superior del Conicet.

Diego Harari. Doctor en física, UBA. Investigador principal del Conicet.

Beatriz García. Doctora en astronomía, UNLP. Investigadora independiente del Conicet.

Clementina Medina. Doctora en física, UNSAM. Investigadora adjunta del Conicet.

Gustavo E Romero. Doctor en física, UNLP. Investigador superior del Conicet. Profesor titular, UNLP.

Instrucciones para autores

Gran parte de los artículos que publica Ciencia Hoy son enviados espontáneamente por sus autores. Cuanto mayor sea la participación de los investigadores y académicos en las páginas de la revista, mejor se cumplirán los objetivos de la *Asociación Ciencia Hoy* de lograr que la actividad científica obtenga reconocimiento social e intervenga en la modernización del país.

SECCIONES DE LA REVISTA

Ciencia Hoy alberga a todas las ramas del saber, desde las humanidades y ciencias sociales hasta las disciplinas biológicas y fisicomatemáticas y sus respectivas tecnologías. Contiene las siguientes secciones regulares (las extensiones indicadas son orientativas):

AQUÍ CIENCIA: informes y consideraciones (hasta 2500 palabras) sobre avances científicos o tecnológicos que hayan tenido lugar en la Argentina o el Uruguay. Redáctense siguiendo lo indicado para la sección *CIENCIA EN EL MUNDO*.

ARTÍCULOS: trabajos que expliquen investigaciones y sus resultados al público general y a colegas de otras disciplinas (hasta 2500 palabras).

CARTAS DE LECTORES: comentarios (hasta 300 palabras) sobre lo aparecido en números anteriores, sobre temas que se desee ver abordados o cualquier aspecto del quehacer científico y la educación superior. Los editores pueden publicar parcialmente una carta o modificar su texto para hacerlo más claro.

CIENCIA EN EL AULA: sugerencias y orientaciones sobre cómo presentar en clase determinados temas científicos, o cómo aprovechar mejor para su labor pedagógica lo publicado en la revista.

CIENCIA EN EL MUNDO: breves notas (hasta 1500 palabras) sobre alguna novedad científica o tecnológica importante. Es necesario que el autor introduzca brevemente el tema, señale su importancia y cite la fuente de la información.

CIENCIA Y SOCIEDAD: comentarios sobre algún aspecto del conocimiento o sus aplicaciones, que tenga o haya tenido particular impacto en la sociedad (hasta 2500 palabras).

EL LECTOR PREGUNTA: interrogantes sobre cuestiones científicas o humanísticas. En la medida en que no salgan del marco de la política editorial, se publican con su respuesta por un especialista.

EL PASADO EN IMÁGENES: fotografías de época de hechos pasados de significación histórica.

ENSAYOS: textos que el comité editorial considere de interés, pero que no respondan al concepto de divulgación científica o académica, ni quepan –por su dimensión especulativa y literaria– en la sección *OPINIONES*.

GRAGEAS: textos cortos (unas 300 palabras) que comenten –con indicación de la fuente– noticias significativas aparecidas en revistas científicas.

HUMOR: contribuciones escritas o gráficas que se refieran a la investigación, a la actividad académica, a la universidad, etcétera, y a los seres que pueblan esos extraños mundos.

MEMORIA DE LA CIENCIA: notas que analicen aspectos poco conocidos de la historia del conocimiento, las ideas científicas, la ciencia en general y la tecnología (hasta 2500 palabras).

CÓMO ENVIAR UNA COLABORACIÓN

Se ruega hacer llegar las colaboraciones por correo electrónico. No usar el formato .pdf para los textos, sino .doc o sus equivalentes. Remitir el material (e indicar dirección postal y electrónica del autor, así como números de teléfono) a:

CIENCIA HOY
Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A,
(C1193AAA) Ciudad de Buenos Aires
Tel.: (011) 4961-1824 y Fax: (011) 4962-1330
E-mail: *contacto@cienciahoy.org.ar*

RECOMENDACIONES

Redactar las contribuciones teniendo en cuenta que sus destinatarios no son especialistas. Imaginarse que el típico lector de la revista puede ser un profesor del secundario. Proceder, por lo tanto, como sigue:

- Evitar el uso de jerga técnica; recurrir a términos equivalentes del lenguaje cotidiano; por ejemplo, en lugar de *osteopatía*, escribir *enfermedad de los huesos*. Cuando el uso de la jerga sea aconsejable o inevitable, definir *siempre*, con precisión pero de manera sencilla, el significado de los términos.
- Evitar el uso innecesario de expresiones matemáticas o químicas; cuando se las emplee, proporcionar también, hasta donde se pueda, una explicación intuitiva.
- Utilizar siempre el sistema internacional de unidades (*http://www.bipm.org/en/measurement-units*). Si en alguna disciplina fuera usual no emplearlo, dar las equivalencias.
- Antes de enviar una contribución, entregársela a alguien ajeno al tema para que la lea y verificar si entendió lo que el autor quiso transmitir.
- Usar el lenguaje más sencillo posible. No emplear palabras extranjeras si hubiese razonables equivalentes castellanos. Evitar neologismos, muletillas y expresiones de moda.
- Las imágenes desempeñan un papel fundamental en la divulgación científica. Esfuércense los autores por obtener los dibujos y las fotografías que mejor ilustren su contribución.
- No incluir notas a pie de página ni referencias. Si se hace una cita textual, poner su fuente completa entre paréntesis en el texto. Agregar entre cuatro y seis lecturas, principalmente, obras de divulgación que se puedan encontrar en librerías o bibliotecas: evitar poner solo trabajos del autor, informes técnicos o artículos en revistas especializadas.

ILUSTRACIONES

Enviar las ilustraciones en formato digital, en forma de archivos .tif, .gif, .eps, .bmp o .jpeg. Es imprescindible que tengan una definición mínima de 300dpi (puntos por pulgada) para un tamaño de 20 x 30cm. Las imágenes descargadas de internet por lo general carecen de esa resolución, a menos que el sitio lo indique claramente, por lo que no suele ser posible utilizarlas. Excepcionalmente también se pueden recibir ilustraciones impresas en papel fotográfico (revelado común), diapositivas o película negativa. Si la única posibilidad fuera reproducir una ilustración de un libro o revista, por favor escanearla con dicha definición.

POLÍTICA EDITORIAL

Las contribuciones son evaluadas en primera instancia por el comité editorial que, si las considera de interés, las envía (siguiendo las reglas internacionales de anonimato e independencia) a dos árbitros que juzguen su calidad técnica.

Normalmente, las contribuciones sometidas a arbitraje regresan a los autores con observaciones, sugerencias o correcciones de los árbitros, más pedidos de ajuste de los editores, que los autores tienen entera libertad de aceptar o rechazar: de la decisión que tomen depende la aceptación final del trabajo por parte de la revista. Cuando Ciencia Hoy decide hacer conocer al autor, en parte o en todo, las opiniones de los árbitros, no revela los nombres de estos.

Toda nota aceptada para su publicación, luego de concluido el proceso de arbitraje, pasa por un minucioso procesamiento de estilo: en la práctica, casi todas las contribuciones son redactadas nuevamente por el equipo editorial de la revista, para adaptarlas a las necesidades de los lectores. En todos los casos se solicita al autor que apruebe el texto reformado.

El uso del idioma en la revista se ajusta a las normas y los criterios de castellano culto y, en especial, a lo establecido por la Real Academia Española y por la Academia Argentina de Letras, por lo que a veces no coincide con las prácticas de ciertas revistas científicas o tecnológicas. Las decisiones finales sobre cuestiones de redacción, gramática, estilo, títulos, subtítulos e ilustraciones corresponden a Ciencia Hoy, que considera las preferencias de los autores para tomarlas.

Como cada número de la revista debe mantener un equilibrio de secciones y áreas del conocimiento, la publicación de los trabajos no necesariamente sigue el orden de su aceptación.

Toda comunicación entre autores y editores es canalizada por la secretaria del comité editorial en nombre de este y expresa la opinión colectiva de los editores.

La CIENCIA en los CUENTOS 2017

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

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

El jurado está compuesto por los siguientes expertos:

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

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

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

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

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

30 de septiembre de 2017

Serán coordinadores del concurso **Viviana Bianchi y Alejandro Gangui**

Bases del concurso en: *http://cms.iafe.uba.ar/gangui/difusion/concurso/17/*

Informes o consultas:

Dirección de Relaciones Institucionales Conicet
Tel.: +54 11 4899-5400
www.conicet.gov.ar
vocar@conicet.gov.ar

Asociación Civil Ciencia Hoy
Tel: +54 11 4961-1824 o 4962-1330
contacto@cienciahoy.org.ar

ÍNDICE del volumen 26

Autores

Abduca, Ricardo G
La hoja de coca. De los Andes al mundo, 155:19

Antico Arciuch, Valeria G
Atacar la multirresistencia, 151:15

Aranda, Claudia Marcela
Ver Jorge Alejandro Suby

Arribas, Lorena
Ver María Bagur

Artabe, Analía E
Ver Leandro CA Martínez

Báez, María Verónica
Ver Diana Alicia Jerusalinsky

Bagnato, Camilo
Ver Martín Oesterheld

Bagur, María
Dátiles de mar. Mejillones que perforan las rocas costeras, 153:45

Balarino, M Lucía
Ver Bárbara Cariglino

Balseiro, Carlos
Ver José P Dapena

Barreda, Viviana D
La evolución temprana de las asteráceas, 154:63

Bernstein, Carlos
Machos de sobra, 156:39

Bertero, H Daniel
Ver Ramiro N Curti

Calero, Cecilia I
Neurociencias y educación, 151:59

Calvo, Daniel J
Homo musicalis. Circuitos neuronales de la música, 151:31

Cariglino, Bárbara
Glossopteris en los bosques de Gondwana, 154:29

Cercato, Magali
Ver Diana Alicia Jerusalinsky

Césari, Silvia N
Ver Ezequiel I Vera

Chludil, Hugo Daniel
Compuestos aleloquímicos, 153:33

Cibanal, Irene L
Ver Liliana M Gallez

Ciencia Hoy
Choquemos los cinco, 156:10
Córdoba y Santiago del Estero entre 1870 y 1890, 156:31
Paleobotánica, 154:16
¿Rascacielos de madera?, 152:10
Simulación y engaño, 154:8
Un tiburón que vive cuatro siglos, 153:10

Colombo, María Isabel
Ver José P Dapena

Coluccio Leskow, Federico
¿Cuánto podemos vivir?, 156:9
Un vecino amigable, 151:14
Ver Roy Hora

Costa Tártara, Sabrina M
Ver Ramiro N Curti

Cuellas, Anahí V
Cocción de alimentos en frío. El nitrógeno líquido en la cocina, 152:45
Microencapsulación de ingredientes en la industria de alimentos, 155:39

Curino, Alejandro
La pérdida también es cambio, 151:11
Los secretos de los tardígrados, 154:9
Sobre el origen de nuestra especie, 155:11

Curti, Ramiro N
La quinua en el noroeste argentino, 155:49

Damborenea, Cristina
Cáncer contagioso en el fondo marino, 151:12
Ver Roy Hora

Dapena, José P
Los premios Nobel 2016, 152:16

De Jong, Ingrid
Cazadores pampeanos de hace 14.000 años, 153:8

Delrio, Walter
¿A qué se llama la 'conquista del desierto'?, 156:45

Díaz, Alberto
Biología y sociedad, 153:50

Endere, María Luz
Derechos y reclamos de los pueblos indígenas, 152:25

Escapa, Ignacio H
Pararaucaria y la evolución de las coníferas, 154:43

Fernández, Leticia A
Ver Liliana M Gallez

Flensborg, Gustavo Ariel
Ver Jorge Alejandro Suby

Frecha, Cecilia
Ver Diana Alicia Jerusalinsky

Frenkel, Lía
La sinfonía diaria del reloj neuronal, 155:9

Gallez, Liliana M
Propóleos. Su uso como biofungicida agrícola, 155:55

Gandolfo, María Alejandra
Ver María del Carmen Zamaloa

Gangui, Alejandro
Astronomía diurna, 152:55

García, Jaime
Guía del cielo nocturno. Número 40, enero-junio de 2017, 152:61
Guía del cielo nocturno. Número 41, julio-diciembre de 2017, 155:61

García Massini, Juan
El antiguo mundo marino, 152:8

Gervasoni, Julio
En busca del donante ideal, 155:10

Giannuzzi, Leda
Ver Horacio Heras

Guido, Mario E
Percibir la luz proporciona más que visión a los animales, 151:43

Gundel, Pedro E
Ver María Alejandra Martínez-Ghersa

Gutiérrez, Jorge
Ver María Bagur

Heras, Horacio
Marihuana y adolescencia, 152:39

Hora, Roy
Entrevista a Alejandro Ceccatto, presidente del Conicet, 153:41

Iglesias, Ari
Ver Mauro Gabriel Passalia

Integrantes argentinos de la colaboración internacional QUBIC
QUBIC. Un experimento internacional de cosmología observacional con participación argentina, 156:53

Isla, Federico Ignacio
Sollipulli. El volcán cuyas cenizas definieron una frontera internacional treinta siglos después, 155:35

Jerusalinsky, Diana Alicia
Búsqueda de nuevas terapias para el mal de Alzheimer, 151:25

Kaczer, Laura
Ver María E Pedreira

Koppmann, Mariana
Antes de la heladera, 153:61

Llorens, Magdalena
Ver Mauro Gabriel Passalia

Luna, Leandro Hernán
Ver Jorge Alejandro Suby

Martínez, Jimena H
Sin rastros de mitocondrias, 152:9

Martínez, Leandro CA
Cícadas, fósiles vivientes del reino vegetal, 154:37

Martínez-Ghersa, María Alejandra
Ozono en el aire, 153:27

Martínez Tosar, Leandro
Lamerse las heridas, 155:8

Martini, José
Ver Roy Hora

Medina, Rubén A
Cambios de las playas por la construcción del puerto de Mar del Plata, 156:13

Menéndez, Analía I
Ver María Alejandra Martínez-Ghersa

Mirabelli, Julieta
Bosques secos estacionales en los trópicos, 156:8

Mora y Araujo, Manuel
Conocer, influir, pronosticar. Los propósitos de las encuestas, 153:21

Oesterheld, Martín
Para conocer la Tierra, 156:11

Palazzesi, Luis
Ver Viviana D Barreda

Pallaro, Anabel N
Ver Ramiro N Curti

Palomo, Gabriela
Ver María Bagur

Passalia, Mauro Gabriel
Cuando las primaveras empezaron a tener flores. La historia evolutiva de las angiospermas patagónicas, 154:55

Pedreira, María E
El eterno resplandor de una mente con recuerdos. Consolidación y labilización de la memoria animal, 151:47

Pérez Loinaze, Valeria
Ver Mauro Gabriel Passalia

Perillo, Gerardo ME
Cursos de marea. El sistema circulatorio de los humedales costeros, 153:55

Piccolo, M Cintia
Ver Gerardo ME Perillo

Ponce, Juan Federico
La isla de los Estados y sus fiordos, 152:49

Rabassa, Jorge
Ver Juan Federico Ponce

Rayes, Agustina
Productos y mercados en la Argentina agroexportadora, 155:43

Rela, Lorena
Células gliales. ¿Servidoras de las neuronas o compañeras de equipo?, 151:37

Rubinstein, Claudia V
Primeros pasos de la vida fuera del agua, 154:23

Sardi, Marina L
Los museos antropológicos y la mirada del cacique de una comunidad ranquel, 152:32

Sigman, Mariano
Ver Cecilia I Calero

Soler Illia, Galo
Ver José P Dapena

Suby, Jorge Alejandro
Paleopatología, 153:11

Szczupak, Lidia
Cómo los animales controlan sus movimientos, 156:25

Tomsic, Daniel
Cómo advertimos lo que se nos viene encima. Neuronas detectoras de colisiones, 151:53

Uchitel, Osvaldo
Neurociencias, 151:21

Vera, Ezequiel I
Helechos arborescentes en la Antártida, 154:49

Vezub, Julio Esteban
Hacia la devolución de los restos de Liempichun-Sacamata, 152:36

Vidueiros, Silvina M
Ver Ramiro N Curti

Zamaloa, María del Carmen
Casuarinas y eucaliptos, los árboles perdidos de la Patagonia, 154:69

Zubizarreta, Ignacio
Los unitarios vistos por la prosopografía, 155:26

Artículos

Angiospermas patagónicas. Cuando las primaveras empezaron a tener flores. La historia evolutiva de las
Mauro Gabriel Passalia, Ari Iglesias, Magdalena Llorens y Valeria Pérez Loinaze, 154:55

Asteráceas. La evolución temprana de las
Viviana D Barreda y Luis Palazzesi, 154:63

Casuarinas y eucaliptos, los árboles perdidos de la Patagonia
María del Carmen Zamaloa y María Alejandra Gandolfo, 154:69

Células gliales. ¿Servidoras de las neuronas o compañeras de equipo?
Lorena Rela, 151:37

Cícadas, fósiles vivientes del reino vegetal
Leandro CA Martínez y Analía E Artabe, 154:37

Coca. De los Andes al mundo. La hoja de
Ricardo G Abduca, 155:19

Compuestos aleloquímicos
Hugo Daniel Chludil, 153:33

'Conquista del desierto'? ¿A qué se llama la
Walter Delrio, 156:45

Cursos de marea. El sistema circulatorio de los humedales costeros
Gerardo ME Perillo y M Cintia Piccolo, 153:55

Dátiles de mar. Mejillones que perforan las rocas costeras
María Bagur, Gabriela Palomo, Lorena Arribas y Jorge Gutiérrez, 153:45

Devolución de los restos de Liempichun-Sacamata. Hacia la
Julio Esteban Vezub, 152:36

Encuestas. Conocer, influir, pronosticar. Los propósitos de las
Manuel Mora y Araujo, 153:21

Fiordos. La isla de los Estados y sus
Juan Federico Ponce y Jorge Rabassa, 152:49

***Glossopteris* en los bosques de Gondwana**
Bárbara Cariglino y M Lucía Balarino, 154:29

Helechos arborescentes en la Antártida
Ezequiel I Vera y Silvia N Césari, 154:49

***Homo musicalis*. Circuitos neuronales de la música**
Daniel J Calvo, 151:31

Machos de sobra
Carlos Bernstein, 156:39

Mal de Alzheimer. Búsqueda de nuevas terapias para el
Diana Alicia Jerusalinsky, María Verónica Báez, Magali Cercato y Cecilia Frecha, 151:25

Memoria animal. El eterno resplandor de una mente con recuerdos. Consolidación y labilización de la
María E Pedreira y Laura Kaczer, 151:47

Movimiento. Cómo los animales controlan su
Lidia Szczupak, 156:25

Museos antropológicos y la mirada del cacique de una comunidad ranquel. Los
Marina L Sardi, 152:32

Neurociencias
Osvaldo Uchitel, 151:21

Neurociencias y educación
Cecilia I Calero y Mariano Sigman, 151:59

Neuronas detectoras de colisiones. Cómo advertimos lo que se nos viene encima
Daniel Tomsic, 151:53

Ozono en el aire
María Alejandra Martínez-Ghersa, Analía I Menéndez y Pedro E Gundel, 153:27

Paleobotánica
Ciencia Hoy, 154:16

Paleopatología
Jorge Alejandro Suby, Leandro Hernán Luna, Claudia Marcela Aranda y Gustavo Ariel Flensborg, 153:11

***Pararaucaria* y la evolución de las coníferas**
Ignacio H Escapa, 154:43

Percibir la luz proporciona más que visión a los animales
Mario E Guido, 151:43

Productos y mercados en la Argentina agroexportadora
Agustina Rayes, 155:43

Propóleos. Su uso como biofungicida agrícola
Liliana M Gallez, Leticia A Fernández e Irene L Cibanal, 155:55

Pueblos indígenas. Derechos y reclamos de los
María Luz Endere, 152:25

Puerto de Mar del Plata. Cambios en las playas por la construcción del
Rubén A Medina, 156:13

QUBIC. Un experimento internacional de cosmología observacional con participación argentina
Integrantes argentinos de la colaboración internacional QUBIC, 156:53

Quinua en el noroeste argentino. La
Ramiro N Curti, Sabrina M Costa Tártara, Silvina M Vidueiros, Anabel N Pallaro y H Daniel Bertero, 155:49

Sollipulli. El volcán cuyas cenizas definieron una frontera internacional treinta siglos después
Federico Ignacio Isla, 155:35

Unitarios vistos por la prosopografía. Los
Ignacio Zubizarreta, 155:26

Vida fuera del agua. Primeros pasos de la
Claudia V Rubinstein, 154:23

Cartas de lectores

Lector por 25 años
Gerardo Rodríguez Planes, 155:12

Omisión
Alberto Díaz, 155:13

Ciencia en el aula

Astronomía diurna
Alejandro Gangui, 152:55

Ciencia en el mundo

Premios Nobel 2016, Los
José P Dapena, Carlos Balseiro, María Isabel Colombo y Galo Soler Illia, 152:16

Ciencia y sociedad

Biología y sociedad
Alberto Díaz, 153:50

Cocción de alimentos en frío. El nitrógeno líquido en la cocina
Anahí V Cuellas, 152:45

Heladera. Antes de la
Mariana Koppmann, 153:61

Marihuana y adolescencia
Horacio Heras y Leda Giannuzzi, 152:39

Microencapsulación de ingredientes en la industria de alimentos
Anahí V Cuellas, 155:39

Presidente del Conicet. Entrevista a Alejandro Ceccatto,
Federico Coluccio Leskow, Cristina Damborenea, Roy Hora y José Martini, 153:41

Editorial

Electricidad y cuidado del ambiente, 156:4

Investigación científica y Estado nacional, 153:4

Marihuana. Divulgación científica y cuestiones socialmente controvertidas, 152:4

Neurociencias en la Argentina. Las, 151:4

Oveja. Hace veinte años nació una, 154:4

Seres humanos y evolución, 155:4

El pasado en imágenes

Córdoba y Santiago del Estero entre 1870 y 1890
Ciencia Hoy, 156:31

Grageas

Bosques secos estacionales en los trópicos
Julieta Mirabelli, 156:8

Cáncer contagioso en el fondo marino
Cristina Damborenea, 151:12

Cazadores pampeanos de hace 14.000 años
Ingrid de Jong, 153:8

Choquemos los cinco
Ciencia Hoy, 156:10

¿Cuánto podemos vivir?
Federico Coluccio Leskow, 156:9

Donante ideal. En busca del
Julio Gervasoni, 155:10

Lamerse las heridas
Leandro Martínez Tosar, 155:8

Mitocondrias. Sin rastros de
Jimena H Martínez, 152:9

Multirresistencia. Atacar la
Valeria G Antico Arciuch, 151:15

Mundo marino. El antiguo
Juan García Massini, 152:8

Origen de nuestra especie. Sobre el
Alejandro Curino, 155:11

Pérdida también es cambio. La
Alejandro Curino, 151:11

¿Rascacielos de madera?
Ciencia Hoy, 152:10

Reloj neuronal. La sinfonía diaria del
Lía Frenkel, 155:9

Simulación y engaño
Ciencia Hoy, 154:8

Tardígrados. Los secretos de los
Alejandro Curino, 154:9

Tiburón que vive cuatro siglos. Un
Ciencia Hoy, 153:10

Tierra. Para conocer la
Martín Oesterheld y Camilo Bagnato, 156:11

Vecino amigable. Un
Federico Coluccio Leskow, 151:14

Nota

Guía del cielo nocturno. Número 40, enero-junio de 2017
Jaime García, 152:61

Guía del cielo nocturno. Número 41, julio-diciembre de 2017
Jaime García, 155:61

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!

SUSCRIBITE A

CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

Para saber qué tenés que hacer, visitá www.chicosdecienciahoy.org.ar

chicos@cienciahoy.org.ar CHicosdeCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 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