CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 27 número 157 octubre - noviembre 2017
Ejemplar en la Argentina $100

Patagotitan
el dinosaurio más grande

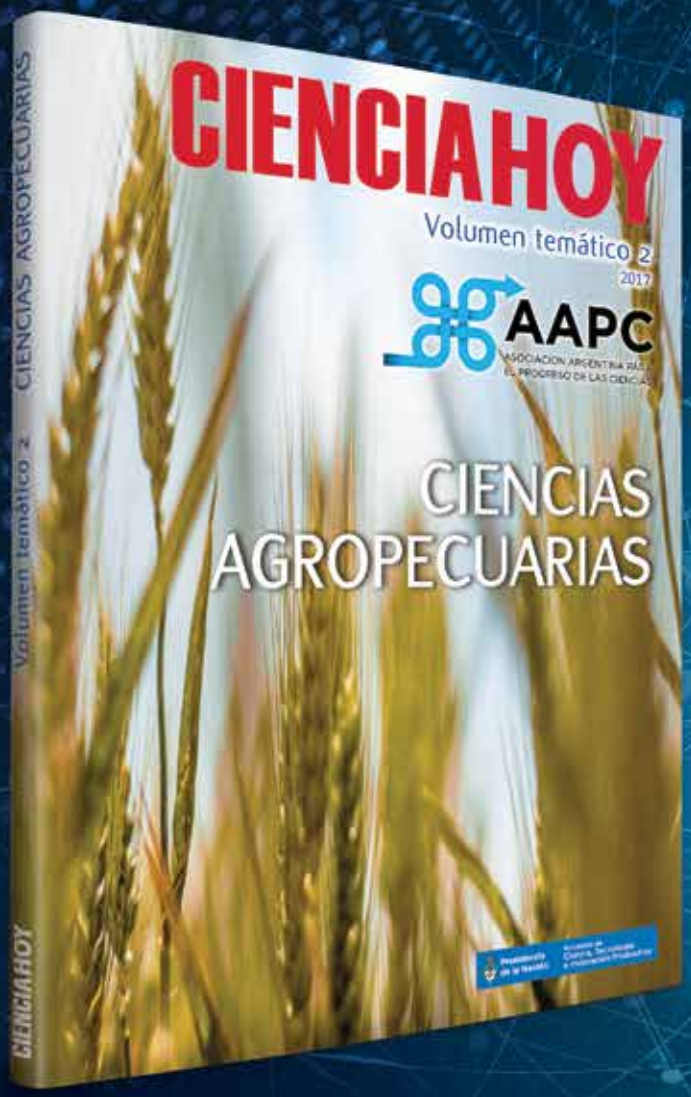
¿Centrales nucleares?

Investigación y guerra de Malvinas

Premios Nobel 2017

ISSN 0327 - 1218
00157
9 770327 121009

CIENCIA HOY CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS



De próxima publicación

CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS Y SOCIEDADES PRECOLOMBINAS

www.cienciahoy.org.ar contacto@cienciahoy.org.ar

RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 Fax (011) 4962 1330

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

Agustín Quesada
Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires, UBA-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
Presspoint SA
Av. Elcano 3969 (C1427CH)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

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

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

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

Octubre – noviembre 2017
Volumen 27 - número 157

EDITORIAL

4 La secuenciación del ADN y sus consecuencias

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

6 Volumen 3 - número 17
Marzo - abril 1992

8 GRAGEAS

ARTÍCULO

13 Drosophila melanogaster, un versátil organismo modelo

D Lorena Franco y M Fernanda Ceriani

En investigaciones de biología humana o de vertebrados superiores es frecuente que se comience realizando los necesarios experimentos sobre animales menos complejos y que presentan ventajas de tipo metodológico, llamados *organismos modelo*. Esto es posible dado que muchos mecanismos biológicos son comunes a organismos muy distintos, incluso a aquellos cuyos ancestros comunes son muy remotos. Por otro lado, el uso de animales modelo es uno de los primeros pasos en todo ensayo clínico que trate de evaluar las posibilidades terapéuticas de nuevas drogas. Entre los organismos modelo más frecuentes se cuenta la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), empleada en múltiples áreas de las ciencias biológicas y médicas, entre ellas, el estudio de los comportamientos rítmicos del organismo.

19 Patagotitan, ¿el dinosaurio más grande del mundo?

José Luis Carballido y Diego Pol

Entre las muchas especies de dinosaurios que poblaron la Tierra entre hace unos 230 y 66 millones de años, los que más han captado la imaginación del público son los que alcanzaron mayor tamaño y terminaron siendo miles de kilogramos más pesados que los elefantes actuales o que cualquier animal terrestre que coexistió con la especie humana. Un grupo desconocido de ellos, encontrado en Chubut, que pudo haber pesado entre 60 y 70 toneladas y alcanzado casi 40m de largo, en cuya investigación participaron los autores de esta nota, proporciona información sobre la historia y las características de tales colosos.

ARTÍCULO

27 Centrales nucleares. Presente y futuro

Carla Notari

Las centrales nucleares no emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero y utilizan en poca cantidad un combustible del que hay abundantes reservas. Para algunos podrían constituir una de las formas de generación eléctrica en auge en estos momentos en que se procura contener el cambio climático. Pero la opinión pública no es favorable a su instalación, entre otras razones porque no se ha logrado encontrar solución de largo plazo para los residuos de combustible usado, y por la sombra de accidentes como los de Chernobyl y de Fukushima Dai-ichi. Así, varios países europeos resolvieron poner trabas a la actividad nuclear y hasta algunos, como Alemania, apuntan a abolirla. Solo en Asia y, más recientemente, en el cercano oriente se han realizado progresos importantes en el uso de dichas centrales. Los avances tecnológicos que se siguen registrando ¿permitirían considerar la posibilidad de que este panorama cambie en el futuro?

33 Las Malvinas, ¿objeto de investigación?

La guerra de las Malvinas constituyó un acontecimiento del que las ciencias sociales argentinas se ocuparon muy poco, o solo lo hicieron en forma tangencial al analizar la dictadura militar y sus reprobables acciones. En cambio, fue tema de estudio para los especialistas en asuntos militares y en relaciones internacionales, aparte de haber sido ventilado repetidamente en los medios periodísticos y políticos, y de haberse dado a conocer testimonios de protagonistas. Como complejo hecho histórico, que comprometió a todos los argentinos en forma independiente de su apoyo a la causa de soberanía y de su posición político-ideológica, y a treinta y cinco años de distancia, ¿habría algo que estudiar hoy?

34 Enfoques sobre la historia de las Malvinas

37 A 35 años, ¿vale la pena estudiar la guerra de las Malvinas?

Rosana Guber

ARTÍCULO

43 **Peces subterráneos de Sudamérica**

Luis Fernández, Julieta Andreoli Bize y Hugo Luis López

En el medio subterráneo, a pesar de que imperan condiciones que dificultan el florecimiento de vida vegetal y animal, principalmente la ausencia de luz solar, encontramos organismos adaptados tanto a ambientes terrestres como acuáticos. Entre estos últimos ambientes se cuentan las napas freáticas, en cuyas aguas se han descubierto diminutos bagres que pueden aparecer accidentalmente en los pozos artesianos excavados para obtener agua destinada al consumo humano.

ESPACIO INSTITUCIONAL

48 **CONICET dialoga**

52 **Política y sectores populares**

La investigación social ante una relación siempre vidriosa

Julieta Quirós

En su análisis de la actividad política de los sectores populares, tanto los medios de comunicación como los círculos académicos tienden a concentrarse en las motivaciones y los propósitos de los participantes, sean estos los ciudadanos o los políticos. De ahí que prevalezcan dos visiones opuestas: la que privilegia los incentivos materiales, que la autora llama economicista, y la que privilegia la ideología o militancia, que llama moralista. La antropología agrega una visión complementaria, resultado de analizar el cómo antes que el porqué, y de descubrirlo por el método etnográfico o de observación participante.

CIENCIA EN EL MUNDO

57 **Los premios Nobel 2017**

Como todos los años desde 1901, la Fundación Nobel anunció en Estocolmo el otorgamiento de los premios Nobel dedicados, según sus denominaciones tradicionales, a medicina o fisiología, física, química, literatura y la paz. A ese grupo se agregó la economía en 1968, el premio Banco de Suecia en memoria de Alfredo Nobel, que ha pasado a considerarse equivalente a los otros tres en ciencias. Los cuatro afines con Ciencia Hoy se comentan en este número, en un momento en que, tanto en la Argentina como en el resto mundo, la ciencia está dando pasos para explicar a la sociedad de manera clara y sencilla sus avances y descubrimientos. En gran parte por ello los premios Nobel acaparan cada vez más la atención en los medios de comunicación.

La secuenciación del ADN y sus consecuencias

Este año se cumplen cuatro décadas de la primera secuenciación de ADN, es decir, de la lectura detallada de la estructura química de una molecula de ácido desoxirribonucleico. Ese adelanto abrió el camino para un gran desarrollo de varias ramas de las ciencias biológicas, al tiempo que el propio método de secuenciación, que fue el avance técnico que permitió realizarlo, evolucionó y continúa haciéndolo de manera sorprendentemente rápida.

Secuenciar es determinar el orden preciso de las partes que componen una molécula lineal, formada por una sucesión de bloques químicos. La primera macromolécula secuenciada fue la proteína insulina (de hecho, insulina bovina); lo hizo el bioquímico británico Frederick Sanger (1918-2013), lo que le valió el premio Nobel de química de 1958. Demostró con su trabajo que cada proteína está formada por una secuencia precisa y única de aminoácidos, que se correlaciona con la información genética codificada en el ADN.

Según el dogma central de la biología molecular que data de esos años, la información genética fluye desde el ADN a las proteínas pasando por intermediarios de ARN o ácido ribonucleico. El propio Sanger se abocó a desarrollar un método que permitiera secuenciar el ARN, pero el éxito en ese empeño le cupo al estadounidense Robert Holley (1922-1993), que a la cabeza de un grupo de cinco personas y al cabo de tres años de trabajo, dio a conocer en 1965 las primeras 76 bases de nucleótidos de un ARN de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, por lo que recibió el premio Nobel de fisiología o medicina de 1968. El grupo de Sanger llegó tarde, pero dos años después publicó la secuencia de 120 nucleótidos de un ARN de la bacteria *Escherichia coli*.

Las moléculas de las que hablamos son polímeros, formadas por una sucesión de componentes más simpes llamados monómeros, como son los aminoácidos o los nucleótidos, partes respectivamente de proteínas o de ARN/ADN. Los métodos de laboratorio usados para secuenciarlas tenían varias cosas en común. Por un lado, requerían partir de cierta cantidad de alta pureza del compuesto a secuenciar, extraído de una provisión abundante de una fuente que lo proporcione. Así, Holley necesitó un gramo de ARN puro obtenido de 140kg de levaduras. Por otro lado, había que dar una compleja serie de pasos –cortar el polímero mediante la acción de enzimas o por hidrólisis ácida, separar las partes por técnicas de cromatografía o de electroforesis, identificar los productos de esas múltiples reacciones y leer los resultados uno a uno– antes de establecer la secuencia buscada.

Las primeras secuencias de ADN fueron obtenidas por esa clase métodos. En 1973 Sanger logró una secuencia de 24 bases después de un trabajo de dos años, a razón de una base por mes. En 1976, sin embargo, definió un método que permite leer cientos de bases en pocas horas, lo que le deparó un segundo premio Nobel de química, que le fue otorgado en 1980 y lo convirtió en la tercera persona en ganar dos veces un Nobel científico –los otros fueron Marie Curie (1903 y 1911) y John Bardeen (1956 y 1972)–. Su método de secuenciación utiliza un camino inverso al empleado hasta ese momento: sintetiza en lugar de degradar ADN, cosa que hace mediante la actividad de enzimas llamadas ADN polimerasas, encargadas de duplicarlo en bacterias. Así, en 1987 la compañía Applied Biosystems logró poner en marcha un secuenciador automático capaz de leer mil bases por día, el que permitió encarar la aventura de secuenciar genomas completos, incluido el humano.

La cantidad de secuencias obtenidas desde entonces creció a un ritmo que desafía la ley de la computación formulada por Gordon Moore, cofundador de Intel, según la cual la velocidad de los procesadores se duplica cada dos años. La rapidez con que creció el ritmo de secuenciación del ADN sobrepasó esa predicción. Dicha creciente velocidad de los procesadores colaboró en que eso se pudiera hacer, porque la capacidad de cómputo es crucial a la hora de manejar las grandes cantidades de información que forman una secuencia.

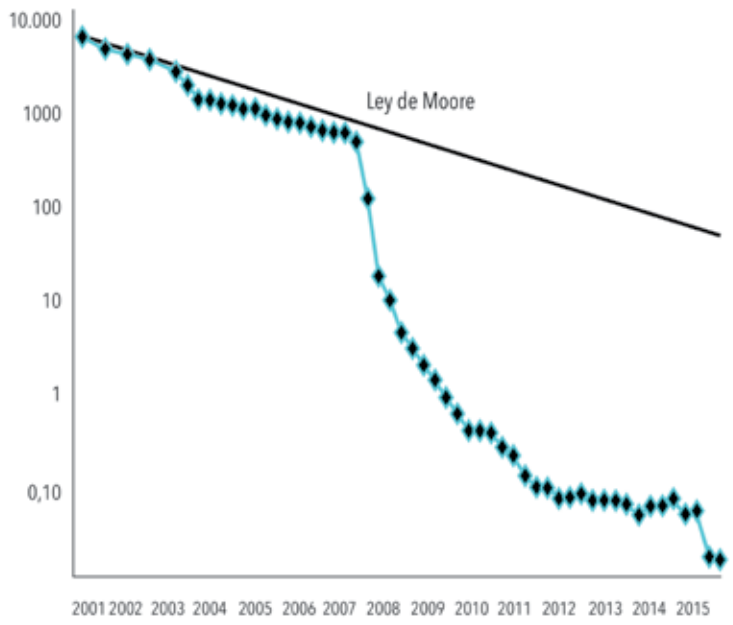
De la mano del incremento de la velocidad de secuenciación hubo una disminución abrupta de los costos. Se estima que en 2000 el costo de secuenciar un millón de bases se aproximaba a 10.000 dólares, mientas que hoy cuesta escasos centavos de dólar. De esta manera se logró descifrar la información genética completa de una persona por menos de 1000 dólares. Por otro lado, las bases de datos de uso público que archivan las secuencias también crecieron de forma exponencial, lo cual estimuló la creación de herramientas informáticas que permitan operarlas.

Tenemos a nuestra disposición la secuencia del ADN de los alimentos que comemos, de los microorganismos que nos rodean, tanto de los que nos atacan como de los que nos benefician, de nuestros antecesores evolutivos extinguidos y de la mayoría de nuestros primos evolutivos, desde el chimpancé hasta bacterias. También conocemos mutaciones, es decir, alteraciones en la secuencia de nucleótidos del ADN, responsables de muchas patologías, entre las que se cuentan ciertas formas de cáncer o de enanismo, hemofilia y enfermedades del desarrollo.

Todos estos avances fueron el resultado de políticas expresas o situaciones espontáneas que producen colaboraciones científicas a través de las fronteras nacionales, bases de datos de acceso abierto con enorme cantidad de información, recursos económicos asignados a la investigación básica, aplicación del conocimiento generado por esta al diseño de innovaciones tecnológicas, y colaboración de entidades privadas sin fines de lucro y de empresas en el desarrollo y la aplicación de esas tecnologías.

Sin embargo, con toda la fascinación que generan estos avances tecnológicos, su potencialidad de mejorar nuestras vidas en forma equitativa dependerá más de los sistemas de valores que prevalezcan en el mundo, de nuestra capacidad de poner en acción salvaguardias éticas y de que logremos un balance adecuado de los beneficios y perjuicios de la aplicación de cada tecnología. Por ejemplo, mientras la inmensa mayoría de la población mundial no tiene acceso a servicios básicos de salud, puede ser irrealista ponerse como objetivo que cada persona tenga acceso a su información genética y a una medicina personalizada.

El conocimiento de las secuencias del ADN tiene múltiples usos prácticos y tecnológicos. Algunos son vistos con buenos ojos por la sociedad, en parte por un buen manejo de la divulgación por parte de los científicos, así como por la manera en que fueron presentados por los grandes medios de comunicación. Entre ellos están la identificación de personas y la confirmación de parentescos, de empleo hoy universal en medicina forense. En ese sentido, el concepto de la secuencia de ADN como marca heredable de identidad ha permeado a la sociedad, aunque es obvio que la identidad personal excede por mucho la identidad genética.



Variación entre 2001 y 2015 del costo en dólares de secuenciar un tramo de ADN de un millón de bases, según el National Human Genome Research Institute de los Estados Unidos.

Sin embargo, dado que los valores, la política y la economía influyen tanto o más que las tecnologías comentadas en el bienestar humano, las mencionadas técnicas de edición de los genes, es decir la ingeniería genética, suscitan tanto entusiasmos como resistencias, al punto de que algunos de sus procedimientos, si bien hoy son legales y están ampliamente extendidos en determinados países, están prohibidos en otros. Ejemplo de lo último son los cultivos genéticamente modificados para darles características deseables, que constituyen la base principal de difundidos alimentos en la Argentina, el Brasil o los Estados Unidos, pero están excluidos de ingresar en la Unión Europea.

El aniversario señalado al comienzo merece ser celebrado; la comunidad científica es digna de reconocimiento por la hazaña que significó, incluida la historia someramente esbozada que fue su consecuencia. Es probable, sin embargo, que el entusiasmo por los nuevos caminos que se vislumbran esté atrayendo toda su atención en estos momentos y eclipsando las conmemoraciones. Pero es oportuno recordar que entre las responsabilidades de la comunidad científica está conducir la comunicación veraz a la sociedad de lo que está en juego, pues es quien mejor puede llevar a cabo esa tarea. Conmemorar los logros científicos del pasado es una buena oportunidad para hacerlo. CH

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY

Negativos de manos en la Cueva de las Manos, Santa Cruz. Ilustra el artículo 'Arte rupestre de la Patagonia'.

PROPIEDAD RURAL Y ELUSIÓN IMPOSITIVA

MARIANO MARTÍNEZ DE IBARRETA Y PABLO PUCCIARELLI

Es conocido por todos que el pago de los impuestos enciende la imaginación de los afectados en busca de caminos que permitan evadirlo, lisa y llanamente, o al menos eludir una parte. Estudiado el caso específico del impuesto inmobiliario rural de la provincia de Buenos Aires, aparecen como ejemplos de estos mecanismos la subdivisión ficticia de la propiedad y la subvaluación fiscal de los predios.

LA HISTAMINA: UN POSIBLE MODULADOR DEL CRECIMIENTO TUMORAL

CARLOS A DAVIO

Numerosos investigadores piensan en la actualidad que la histamina, cuya presencia normal en el organismo fue probada en 1927, incidiría en el desarrollo y la proliferación de tumores. Experimentos realizados tras la inducción de carcinoma mamario en animales de experimentación no solo corroborarían esta hipótesis, sino que sugieren la posibilidad de limitar la acción de la histamina mediante sustancias capaces de bloquear su acceso a receptores específicos de la membrana celular.

Wikimedia Commons *Flickr.com* Rodo Lator

ARTE RUPESTRE DE LA PATAGONIA

MARÍA T BOSCHÍN Y ANA M LLAMAZARES

El arte rupestre es considerado hoy un valioso instrumento de la arqueología. En el caso de la Patagonia, ha ayudado a determinar peculiaridades regionales, pero también ha subrayado la existencia de un sustrato ideológico común, de amplia extensión territorial.

GREGORIO KLIMOVSKY: ADÓNDE VAMOS A PARAR

GUILLERMO BOIDO

El filósofo argentino Gregorio Klimovsky analiza una serie de 'estados insatisfactorios' característicos de nuestra época. Entre otros temas aborda las relaciones entre tecnología y ética, el debate epistemológico, las tesis del posmodernismo, los problemas de fundamentación de las ciencias sociales y del psicoanálisis. Expone además sus puntos de vista sobre la Argentina de años recientes, en particular en lo que respecta a la situación del sistema educativo y a la vigencia de los derechos humanos.

COMPORTAMIENTO CAÓTICO

CARLOS E D'ATTELLIS

Una sencilla ecuación, llamada logística, nos permite formarnos una idea acerca de lo que significa el comportamiento caótico. El caos, que no ha encontrado aún su definición universal, se manifiesta en diversos sistemas, por ejemplo mecánicos, meteorológicos, financieros o biológicos.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

EL ORIGEN DE LA VIDA

MARCELO HERMES LIMA

En algún momento del pasado remoto, en el ambiente de una Tierra primitiva, la materia inanimada cobró vida. ¿De qué modo aconteció esta transformación? Las investigaciones recientes sobre el tema apuntan en una dirección totalmente nueva para explicar este fenómeno.

UNIVERSIDAD ARGENTINA: ¿HABRÁ UN MAÑANA?

FLORENCE MURATURE

Ningún país puede permanecer indiferente frente al destino de su universidad, herramienta insustituible de transformación y desarrollo. Así lo entiende una lectora de Ciencia Hoy, quien reflexiona sobre el tema a partir del editorial publicado en el N° 14 de la revista.

Wikimedia Commons *Nasa.gov*

GEOFÍSICA: SOBRE ASTEROIDES Y DINOSAURIOS

GUILLERMO A LEMARCHAND

Las huellas de un asteroide caído en la península de Yucatán hace entre 67 y 55 millones de años permitiría confirmar la teoría propuesta por el premio Nobel de física Luis W Álvarez, su hijo Walter y colaboradores sobre la desaparición en masa de dinosaurios producida en el límite Cretácico-Terciario. Se piensa que la magnitud del impacto habría sido equivalente a la explosión de 70 millones de bombas atómicas de un megatón.

Freepik.es

GENÉTICA Y DERECHOS HUMANOS

VÍCTOR B PENCHASZADEH

Ciertos avances de la 'nueva genética' ya se han traducido en invenciones biotecnológicas de gran trascendencia en la industria alimentaria, farmacéutica y médica en general. En el terreno de la salud, los logros obtenidos hacen que tecnología y derechos humanos se vinculen estrechamente, ante la índole y magnitud de las posibilidades que brindan los nuevos conocimientos. Por lo tanto, es imprescindible que estos mismos sean del dominio público, para que la comunidad en su totalidad establezca los rumbos éticos de las investigaciones e intervenciones en genética.

FUEGOS Y BIFURCACIONES

EDUARDO H RAPOPORT

¿Seremos capaces de apagar los 'fuegos' que amenazan actualmente a nuestra civilización? En su libro *La gran bifurcación*, Ervin Laszlo propone crear una 'alianza holística' destinada a garantizar la supervivencia biosférica y el bienestar humano.

Aves amenazadas por el calentamiento global

El chorlito o playero rojizo (*Calidris canutus*), que nidifica en altas latitudes del hemisferio norte en el verano septentrional, es un ave migratoria que recorre largas distancias, muy gregaria, que mide unos 20cm y se desplaza al hemisferio sur. Poblaciones de la subespecie *Calidris canutus canutus* pasan el invierno en el parque nacional del Banco de Arguin, sobre la costa atlántica de Mauritania en el África noroccidental, donde un equipo internacional de biólogos que estudian aves migratorias descubrió que llegan con una talla 15% menor que hace unos treinta años, y concluyó que ello se debe al calentamiento global y a sus consecuencias en las áreas en que el chorlito se reproduce, en el Ártico siberiano.

Chorlito rojizo en plumaje nupcial (arriba, Wikimedia Commons) y plumaje de invierno (foto Eldar Rahimberdiev y Mikhail Soloviev).

Con la ayuda de imágenes satelitales los investigadores observaron que el período de derretimiento de las nieves en Siberia es hoy quince días más largo que en 1983, con el efecto de que ha adelantado el lapso de mayor abundancia de los insectos de los que se alimentan allí estas aves. Pero sus crías siguen naciendo en las mismas fechas anuales que otrora, por lo que no pueden aprovechar esa abundancia de alimento y no se desarrollan normalmente. A los dos meses de nacer inician su vuelo de más de 8000km a las costas de Mauritania. Como arriban más pequeños, su pico es más corto y no consiguen atrapar los moluscos bivalvos enterrados algo más profundamente en el sedimento que forma el banco, necesarios para su sobrevivencia en ese lugar.

Es la primera vez que se demuestra que el recalentamiento climático en Siberia tiene repercusiones sobre una especie en un sitio tan distante del globo. Los más afectados son los juveniles, pues los adultos, que también tienen hoy el pico acortado, regresan al Ártico entre abril y agosto y pueden aprovechar la abundancia de insectos. Los jóvenes, en cambio, pasan su primer año de vida completo en Mauritania y están forzados a alimentarse principalmente de pastos marinos, un régimen pobre en proteínas que se refleja en una mortandad del 70% en el primer año de vida.

Se había aventurado la explicación de que la disminución del tamaño de estos chorlos era una respuesta adaptativa al calentamiento climático, pues así podrían disipar mejor el calor. Esa disminución, sin embargo, se está revelando como una consecuencia negativa de ese calentamiento y constituye una señal de alarma que suena a miles de kilómetros del lugar en que se origina el trastorno. CH

Más información en VAN GILS J *et al*., 2016, 'Body shrinkage due to Arctic warming reduces red knot fitness in tropical wintering range', *Science*, 352, 6287: 819-821, y BOLLARD M, 2016, 'Menace sur les oiseaux arctiques', *La Recherche*, 513-514: 34.

La fauna invisible entre los granos de arena

Cuando pensamos en el fondo de arena del mar posiblemente lo imaginemos como una gran duna sumergida o una llanura de arena desprovista de vida. Sin embargo, en los sedimentos marinos vive una gran variedad de organismos uni y pluricelulares, muy pequeños, pero también muy complejos. Colectivamente reciben el nombre de *fauna intersticial marina*.

Viven enterrados entre 10 y 20mm en los sedimentos, entre los espacios que dejan los granos de arena, tanto en las zonas costeras intermareales como en las profundidades oceánicas. Por su tamaño, forman parte de la *meiofauna*, es decir, se ubican entre la micro y la macrofauna, y se caracterizan, según algunos autores, por pasar por un tamiz con malla de 0,5mm, y según otros, de 1mm. En el agua dulce también es posible reconocer comunidades similares, pero tienen características algo diferentes de las marinas.

Siempre que haya suficiente oxígeno, diferentes tipos de animales pueden prosperar en este hábitat alimentándose de bacterias y microorganismos que también viven entre los granos de arena. Una cucharada de té con arena puede contener decenas de esos organismos, con hábitos alimenticios muy variados: los hay predadores, herbívoros, suspensívoros (que filtran el agua y retienen lo que está en suspenso en ella), bacteriófagos, etcétera. Se han identificado casi cuarenta grupos de animales que viven en ese particular ambiente, algunos de linajes muy conocidos, como anélidos, crustáceos, nematodos, moluscos, platelmintos y equinodermos; otros menos conocidos, como priapulos, quinorrincos, acoelos y tardígrados, e incluso algunos descubiertos hace poco, como gnatostomúlidos, loriciferos, micrognatozoos.

Los animales intersticiales comparten adaptaciones morfológicas asombrosas, muchas de las cuales les llegaron por la evolución en paralelo desde ancestros muy diferentes, lo que se llama *evolución convergente*. La más evidente de esas adaptaciones es su pequeño tamaño, a veces acompañado de la reducción del número de sus células. Otras adaptaciones son estructuras adhesivas, lo mismo que formas de locomoción particulares, como deslizarse con la ayuda de estructuras celulares llamadas cilios, o mover el cuerpo para desplazarse, o excavar. También son adaptaciones los estatocitos (pequeños órganos del equilibrio) y, debido a que viven en la oscuridad, su escasa pigmentación y la ausencia de receptores de luz. En cuanto a sus formas de reproducción, producen muy pocos gametos, tienen fecundación interna y desarrollo directo.

A pesar de que estos diminutos animales están entre los más abundantes y diversos de los fondos marinos (de la zona técnicamente llamada *bentos*), no aparecen en el registro fósil. Sin embargo, los estudios de filogenia molecular indican que desempeñaron un papel fundamental en la diversificación temprana de los animales. El hecho de que numerosos linajes de invertebrados tengan integrantes intersticiales, sumado a nuevos hallazgos en China de organismos que datan de comienzos del Cámbrico, hace unos 541Ma, avalan la hipótesis de que algunos de estos animales estaban presentes antes de la explosión evolutiva que tuvo lugar entre ese límite y 520Ma atrás, momento en el que apareció una gran variedad de formas corporales, con el resultado de una amplia diversidad morfológica que se continuó en animales de especies extinguidas y actuales.

Imagen de microscopía electrónica de barrido de *Meganerilla*. Mide aproximadamente 1,5mm de largo.

Conocer mejor el mundo invisible entre los granos de arena nos permitirá entender la historia de la vida de nuestro planeta. CH

Más información en KRISTENSEN RM, 2017, 'Darwin's dilemma dissolved', *Nature Ecology & Evolution,* 1: 0076, DOI: *10.1038/s41559-017-0076*, y RUNDELL RJ & LEANDER BS, 2010, 'Masters of miniaturization: convergent evolution among interstitial eukaryotes', *Bioessays,* 32, 5: 430-437, DOI: *10.1002/bies.200900116.*

Cristina Damborenea
cdambor@fcnym.unlp.edu.ar

Con supergenes se evoluciona mejor

Para la versión actual de la teoría de la evolución darwiniana por selección natural, los genes por los cuales algunos individuos resultan más aptos que otros para dejar descendientes van incrementando su frecuencia en las poblaciones con el transcurso de las sucesivas generaciones.

Lo anterior se cumple claramente cuando un único gen es el responsable de la característica que otorga la ventaja selectiva. Sin embargo, cuando el carácter favorable es complejo y está determinado por un conjunto de genes, la situación se vuelve más complicada, porque en ese caso no necesariamente resultarán heredados como conjunto, dado que, para formar los óvulos y los espermatozoides, los cromosomas –es decir, las estructuras del interior de las células que contienen los genes– se aparean y en el proceso intercambian segmentos. Como resultado, dicho conjunto de genes favorables posiblemente termine reconstituido de manera que hace poco probable que aparezcan juntos en un individuo determinado de la siguiente generación.

El fenómeno descripto ha sido reconocido por los biólogos evolutivos, quienes han postulado como solución la existencia de *supergenes*. Se denomina así a largos sectores del ADN que compone químicamente el gen que, literalmente, se invierten en el cromosoma. Como el intercambio de segmentos entre cromosomas solo se produce si hay similitud entre las moléculas de ADN, esa inversión, que destruye dicha similitud, impide el intercambio y mantiene junta a través de las generaciones la agrupación ventajosa de genes del supergén.

Los científicos están descubriendo que los supergenes son más comunes y más importantes para impulsar la evolución de lo que hasta ahora se creía. Un grupo de investigación liderado por Clemens Küpper en el Instituto Max Plank para Ornitología, en el sur de Alemania, está estudiando un caso ilustrativo de esta afirmación: el comportamiento reproductivo de un ave migratoria limnícola de unos 25cm de alto que nidifica principalmente en el norte de Europa y que en España denominan combatiente (*Calidris pugnax*). Los machos típicos despliegan un vistoso plumaje nupcial castaño y negro en la competencia por la elección de las hembras como pareja de apareamiento. Pero no todos los machos se caracterizan por eso: la evolución dotó a un segundo grupo de ellos de un comportamiento reproductivo distinto, consistente en desplegar un plumaje blanco y ayudar a un macho típico a atraer las hembras, con el resultado de que, en el frenesí del apareamiento, ocasionalmente logra una rápida y subrepticia inseminación. Incluso hay un tercer grupo de machos que se mimetizan con las hembras y, engañándolas, logran inseminarlas. El comportamiento reproductivo de los machos atípicos es claramente una característica muy compleja que les otorga una ventaja reproductiva; se calcula que está determinada por aproximadamente cien genes.

Los investigadores de la entidad alemana acaban de descubrir que esos genes configuran un supergén que se transmite como una unidad a lo largo de las generaciones. Pero como un combatiente no hace verano, en el último congreso de la Sociedad Europea de Biología Evolutiva que tuvo lugar en agosto de este año, los investigadores presentaron, además del descripto, casos similares de diversas aves y de abejas melíferas. La existencia de supergenes en vertebrados, como son las aves, e insectos, como son las abejas, permite suponer que podrían ser frecuentes en otras especies. CH

Más información en PENNISI E, 2017, 'Supergenes drive evolution', *Science*, 357, 6356: 1083, DOI: *10.1126/science.357.6356.1083*.

Alejandro Curino
acurino@criba.edu.ar

¿Los calamares se están adueñando de los océanos?

Aunque se predecía una merma de las poblaciones de calamares por su sobrepesca, según los datos que maneja la industria pesquera, son cada vez más numerosos. Las evaluaciones realizadas por los científicos coinciden con esa apreciación y han llevado a concluir que en los últimos sesenta años la biomasa de esos moluscos cefalópodos se duplicó en los mares del mundo, mientras que los stocks de peces disminuyeron drásticamente.

¿Cómo explicarlo? No hay acuerdo sobre las causas, las que están en plena discusión. El aumento de la temperatura de las aguas oceánicas por el cambio climático puede estar acelerando el ciclo de vida de los calamares. Como estos se reproducen una sola vez en su vida y luego de poner sus huevos sobreviene la muerte, es fundamental para la biología pesquera conocer exactamente su estación reproductiva, con el fin de legislar cuándo, dónde y cuánto pescar. Si se pescara todo el stock adulto antes de la estación reproductiva, no existirá una nueva generación; si se retardara la pesca y se permitiera la reproducción de todo el stock adulto, no habrá nada para pescar ese año.

Por otra parte, los calamares hoy estarían ocupando nichos vacantes por la extrema sobrepesca de los grandes peces, los cuales, en realidad, son tanto predadores como competidores de aquellos, pues ambos se alimentan de peces más pequeños. Menos peces grandes significa más espacio en la cadena alimentaria para los calamares.

Calamar común (*Illex argentinus*)

Eso sucedió con la pota del Pacífico o calamar gigante de Humboldt (*Dosidicus gigas*), que mide hasta 1,5m, el que, ante la sobreexplotación comercial de la merluza (*Merluccius gayi*) y la consiguiente disminución del tamaño de esos peces, encontró en ellos presas fáciles. Estas circunstancias han significado la casi desaparición de esa merluza de aguas chilenas y peruanas. Algo parecido sucedió en Terranova con el bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*), cuyas poblaciones no se recuperaron a pesar de haberse vedado su pesca en 1970.

Los datos fragmentarios disponibles sobre el Atlántico sudoccidental y la plataforma continental hacen pensar que esa situación podría estar replicándose con la merluza argentina (*Merluccius hubbsi*) y el calamar *Illex argentinus*, ahora pescado mayormente por flotas asiáticas con permisos otorgados por la Argentina o por la autoridad británica de las Malvinas, pero también en forma furtiva. Según la FAO, en 2015 la captura declarada de calamares en ese sector del Atlántico fue de 1 millón de toneladas, la segunda o tercera pesquería más importante de calamar del mundo.

Merluza argentina (*Merluccius hubbsi*).

Sucede que cuando los más grandes especímenes de una especie marina cazadora desaparecen, los calamares (y también las medusas) pueden frenar o impedir la reconstitución de las poblaciones. Hay sin embargo investigadores más optimistas, quienes señalan que en épocas pasadas hubo grandes oscilaciones en el número de calamares, lo que prueba que su expansión actual no es necesariamente irreversible.

Pero muchos datos apuntan en sentido contrario. En 1950 el peso medio de un pescado en el Atlántico noroccidental era de 800g; hoy es de 180g. El 90% de los peces capturados en el golfo de Vizcaya miden hoy menos de 23cm de largo. Concordantemente con esa tendencia, los océanos se están poblando de peces pequeños que son presa fácil de los cefalópodos. Eso podría ser una buena noticia para la pesquería de calamares, pero ¿qué sucederá cuando estos sean sobreexplotados? CH

Más información en DOUBLEDAY Z *et al.*, 2016, 'Global proliferation of cephalopods', *Current Biology*, 26, 10: 406-407; DELBECQ D, 'Les calmars, nouveaux maîtres des océans', *La Recherche*, 513-514, 2016, y MIANZAN H *et al.*, 2005, '¿Un mar de gelatina?', Ciencia Hoy, 15, 86: 48-55.

célula
citoplasma
nucleo
reloj MoleculLar
ADN
ADN
23 pares de cromosomas
4 pares de cromosomas
célula
célula
mosca
humano
Viviana bilotti
desarrollo
ritmos
enfermedades
AD
neurodesarrollo
Cáncer
neurodegenerativas

D Lorena Franco
Instituto Balseiro, CNEA-Universidad Nacional de Cuyo

M Fernanda Ceriani
Instituto de Investigaciones Bioquímicas (IIB), Fundación Instituto Leloir-Conicet

Drosophila melanogaster, un versátil organismo modelo

La mosca de la fruta y su interés para la ciencia

La mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) es un diminuto insecto que en el lenguaje doméstico llamaríamos una mosquita. Mide unos 3mm, tiene llamativos ojos rojos, y se alimenta y reproduce sobre fruta en descomposición. Constituye apenas una leve molestia para las personas, y no se la debe confundir con otra mosca de la fruta, la del Mediterráneo, que se alimenta de fruta verde o madura, causa extensos daños a la producción frutícola y pertenece a otra especie (*Ceratitis capitata*), incluso a una familia distinta, aunque relacionada. El género *Drosophila* incluye unas 1500 especies, pero con frecuencia se usa en la literatura biomédica como sinónimo de *D. melanogaster*.

Es un insecto con gran interés científico, que por más de cien años ha sido empleado por miles de investigadores en todo el mundo para hacer experimentos, es decir, es uno de los *organismos modelo* al que se recurre con mayor frecuencia para comprobar en el laboratorio hipótesis diversas del campo de la biología y medicina. Primero fue utilizado en genética, pero luego lo adoptaron la biología del desarrollo, la neurobiología y, más recientemente, la investigación de enfermedades humanas. Justamente, el premio Nobel de medicina de este

¿DE QUÉ SE TRATA?

Historia del organismo modelo *Drosophila melanogaster* y su uso en el estudio de circuitos neuronales que gobiernan los comportamientos rítmicos del organismo.

año recayó sobre investigadores que hicieron sus experimentos valiéndose de esta minúscula mosca, como se explica en la página 61.

Entre las razones prácticas que explican la frecuente presencia de este organismo en los laboratorios están que es pequeña y de fácil mantenimiento, lo que permite criar un gran número de individuos en poco espacio y a bajo costo. Cada mosca hembra es capaz de poner en promedio unos cien huevos por día durante más de diez días. Su ciclo de vida es corto: en diez días, a una temperatura de 25°C se obtiene una nueva generación de moscas adultas.

El genetista estadounidense Thomas Hunt Morgan (1866-1945), ganador del premio Nobel de fisiología o medicina de 1933, es considerado el padre del empleo de *Drosophila* como organismo modelo. En 1910 halló una mosca con ojos blancos, una diferencia en la apariencia externa del insecto (técnicamente, en el *fenotipo*) que resultó el punto de partida para establecer que el color de ojos está ligado al cromosoma X (uno de los cromosomas sexuales). En los años siguientes Morgan y sus discípulos redefinieron la teoría de la herencia que se remontaba a Gregor Mendel (1822-1884), y postularon que los genes se encuentran en los cromosomas, una hipótesis que, en 1953, James Watson y Francis Crick confirmaron con el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN.

A partir de la década de 1960, el laboratorio del también estadounidense Seymour Benzer (1921-2007) amplió radicalmente el uso de *Drosophila* como organismo modelo, pues lo comenzó a utilizar para el estudio del sistema nervioso. Benzer quería entender si la información codificada en los genes es responsable de controlar el comportamiento del organismo. Eligió utilizar *Drosophila* porque presenta una diversidad de comportamientos innatos fáciles de estudiar. En el Instituto de Tecnología de California, junto con su estudiante de doctorado Ronald Konopka (1947-2015), generó mediante un compuesto químico mutaciones al azar en una población de esas moscas y luego identificó los pocos individuos que exhibían un comportamiento alterado al emerger o eclosionar del estado de pupa. De hecho, unos años antes se había establecido que dicha eclosión es un comportamiento rítmico controlado por un reloj biológico interno.

En sus primeros experimentos, Benzer y Konopka identificaron un grupo de moscas con período de eclosión más largo que el normal, otro con período de eclosión más corto y un tercero en el que no se advertía en los insectos un período de eclosión, es decir, en el que estos eran arrítmicos, y relacionaron esos cambios con un gen determinado. Esos experimentos marcaron el inicio de una nueva disciplina, la *genética del comportamiento* (es decir, el estudio del papel que desempeñan diferentes genes en el comportamiento del animal), la que usando a la versátil *Drosophila* como organismo modelo abordó la investigación de variados comportamientos del organismo, entre ellos, ritmos circadianos, aprendizaje, memoria, fototaxis (movimientos provocados por la luz), sueño, envejecimiento y otros. (Adviértase que el término comportamiento aquí y en el resto del artículo se refiere a funciones del organismo y no a la conducta del individuo.)

Tampoco quedó *Drosophila* excluida de la búsqueda sistemática de genes causantes de enfermedades humanas, ya que los procesos celulares afectados por esas enfermedades pueden datar evolutivamente de antes de que se separaran las líneas genealógicas de las moscas y los seres humanos, y se conservaron en cada una. Así,

Drosophila melanogaster o mosca de la fruta, de unos 3mm de largo.

se ha estudiado en este organismo modelo desórdenes hereditarios como la discapacidad intelectual llamada síndrome del cromosoma X frágil, desórdenes neurodegenerativos, proliferación celular cancerosa, enfermedades cardiovasculares, desórdenes metabólicos y diabetes.

Drosophila en neurociencias

Una de las razones –que se suman a las señaladas al inicio– por las que la mosca en cuestión resulta atractiva para las neurociencias es su baja *redundancia génica*, es decir que en ella cada función biológica es llevada a cabo por una sola proteína producida (o *codificada*) por un único gen, en contraste con organismos más complejos, en los que por lo general varios genes codifican proteínas estrechamente relacionadas y capaces de realizar la misma función, incluso de suplir unas la ausencia de otras (se habla así *familias multigénicas*). Esta característica de *Drosophila* otorga a los investigadores la posibilidad de anular la activación (o *expresión*) de un gen y de analizar las consecuencias directas de la pérdida de su función sin la interferencia de los miembros de una familia génica.

Importantes razones adicionales son que *Drosophila* posee solo cuatro pares de cromosomas, incluidos los que controlan el sexo de la descendencia, o sexuales (los humanos poseemos 23 pares). También, que el genoma de la mosca ha sido totalmente secuenciado y que en él existen *transposones* naturales, es decir, segmentos de ADN que pueden cambiar de posición en el genoma y, por lo tanto, pueden ser aprovechados para generar individuos genéticamente modificados.

En 2000 se publicaron con pocos meses de diferencia las secuencias de los genomas de *Drosophila* y humano. Su comparación mostró que tienen 47% de homología (se afirma que dos estructuras son homólogas cuando son morfológicamente semejantes y esto se debe a la existencia de un antepasado común) y que 75% de los genes asociados con enfermedades genéticas o cáncer en humanos tienen su contraparte en el genoma de la mosca. Esa similitud muestra que mecanismos biológicos básicos que vienen de lejanos ancestros se han conservado a lo largo de la línea evolutiva de ambas especies, y resalta la aptitud de la mosca como modelo para estudiar genes asociados con enfermedades neurológicas, neurodegenerativas, cáncer, estrés oxidativo y envejecimiento en humanos.

En la Argentina el uso de *Drosophila* como modelo de investigación es relativamente reciente, por lo cual existen pocos laboratorios que lo adoptaron. Uno de ellos es el Laboratorio de Genética del Comportamiento en el Instituto Leloir, con el que están vinculadas las autoras, y entre cuyos intereses se cuenta entender de qué

Ceratitis capotata o mosca de la fruta del Mediterráneo, un poco más grande que *Drosophila*, pues puede medir unos 5mm de largo. Foto USDA

Drosophila suzukii sobre una frambuesa, la que muestra en forma gráfica el reducido tamaño de este género de insectos. Foto David Handley

manera operan las neuronas que controlan el comportamiento rítmico del organismo, también llamadas *neuronas reloj*. Todos los organismos, desde bacterias fotosintéticas, plantas e insectos hasta nosotros, los mamíferos, contamos con un reloj biológico interno que nos permite anticipar cambios del ambiente y adaptar nuestra fisiología y el comportamiento de nuestro organismo en forma acorde.

Esos cambios ambientales son principalmente la luz y la temperatura derivados de la sucesión de días y noches. Una consecuencia de que haya cambios predecibles en el ambiente es que los organismos adquirieron una manera autónoma de medir el paso del tiempo, que les ayuda a estar preparados para lo que se les viene. Los engranajes

Drosophila melanogaster. Foto Centro de Biología Molecular, Universidad de Heidelberg.

Imagen coloreada de *Drosophila melanogaster* tomada con microscopio electrónico de barrido. Foto Thomas Deernick, UCSD.

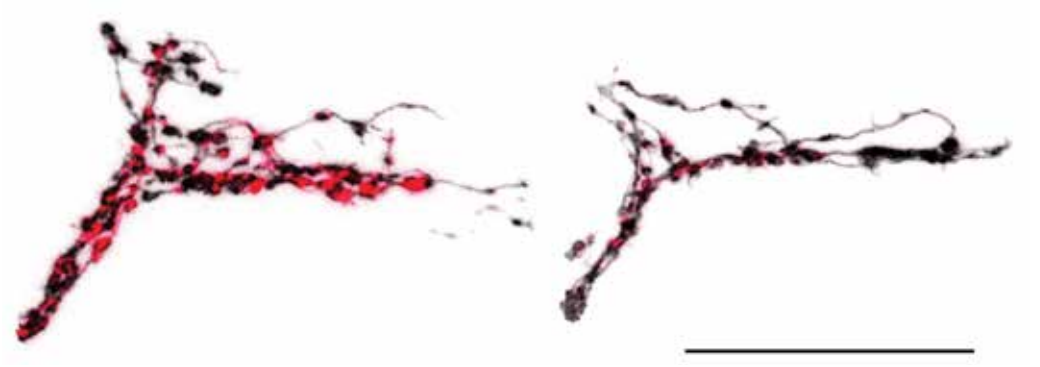
de ese reloj biológico son un conjunto de genes capaces de registrar esas mediciones y, a la vez, de regular una gran variedad de procesos metabólicos y fisiológicos. Tal regulación temporal es clave para que los procesos fisiológicos ocurran en los momentos adecuados: cuándo despertarse, estar activo o irse a dormir, cuándo aprender mejor, realizar actividad física con provecho o tomar un vaso de vino sin consecuencias negativas. Estos procesos fisiológicos tienen un ritmo diario de fluctuaciones conocido como *ritmo circadiano*. La mosca de la fruta despliega ciclos de actividad y reposo muy semejantes a los de sueño y vigilia de los humanos, por lo que entender el funcionamiento de los genes reloj que los controlan en ella ayuda a hacerlo en el ser humano.

El reloj del cerebro de la mosca

En el cerebro de la mosca adulta hay unas 100.000 neuronas (el cerebro humano tiene alrededor de 100.000 millones de ellas: 1 millón por cada una de la mosca), pero solo unas 150 albergan y transmiten la información del reloj biológico del insecto, la cual es fundamental para que este controle las funciones de su organismo sujetas a ritmos circadianos. Característico de esos ritmos es que las moscas se muestran particularmente activas alrededor del amanecer y del atardecer: son *organismos crepusculares* que se anticipan a las transiciones entre la noche y el día con un cambio de actividad antes de que ocurran, debido a la acción de por lo menos una docena de genes reloj, los mismos que miden el paso del tiempo en el cerebro de los mamíferos. El puñado de neuronas que se activan para que tenga lugar la mencionada actividad crepuscular está organizado en pequeños grupos distribuidos en regiones acotadas del cerebro y conectados entre ellos por contacto físico (*sinapsis*) y por intermediarios químicos, que son pequeñas moléculas llamadas *neurotransmisores* y *neuropéptidos*, liberados por las neuronas.

En el laboratorio mencionado buscamos comprobar experimentalmente la hipótesis de que alterar la comunicación entre los distintos grupos de neuronas reloj redundaría en un cambio de comportamiento del organismo. Para hacerlo, nos propusimos inicialmente identificar qué genes afectan la función de uno de los grupos

Drosophila sp. sobre un dedo humano.



Fotografías tomadas con microscopio confocal en el Laboratorio de Genética del Comportamiento del Instituto Leloir por Anastasia Herrero, que muestran los cambios de las neuronas en el cerebro de *Drosophila* a comienzos del día (izquierda) y durante la noche (derecha). Los axones de las neuronas aparecen en negro y las moléculas del neuropéptido PDF, liberado por esas neuronas, en rojo, cuando la complejidad que adquieren los axones es mayor. La escala indica 50 micrómetros.

de neuronas reloj, llamadas *neuronas PDF*, porque son las únicas del cerebro adulto que secretan el neuropéptido designado con esa sigla (por *pigment dispersing factor*). Como parte del estudio advertimos, además, que la red circadiana emplea una vía de señalización bastante intrincada para intercambiar información entre neuronas. Es una vía que se observa durante el proceso de formación y desarrollo del embrión (o *embriogénesis*), pero que no se había advertido en el funcionamiento del cerebro adulto.

Neuronas PDF

Una de las características de estas neuronas es que cambian su estructura según la hora del día. Los extremos de sus axones (sus esbeltas prolongaciones que conducen impulsos eléctricos) se hacen más largos y ramificados de día que de noche, y alcanzan su punto más corto al final de la noche, incluso en ausencia de estímulos ambientales como cambios de luz o temperatura, lo cual indica que obedecen a un reloj biológico interno. Además, comprobamos recientemente que las sinapsis entre neuronas reloj y las neuronas a las que transmiten señales varían a lo largo del día: es decir, con algunas neuronas parecen estar conectadas físicamente todo el tiempo, mientras que con otras están conectadas de manera preferencial en algún momento del día, como temprano por la mañana, al principio de la noche o a fines de esta.

Estos hallazgos sugieren que los circuitos neuronales de los adultos distan mucho de ser estáticos, y que, dependiendo de las necesidades, las neuronas reloj podrían tomar parte en circuitos diferentes. Se han encontrado ejemplos de neuronas que cambian su estructura a diario en otros organismos, como el pez cebra, lo que señala que no es una característica exclusiva de *Drosophila*, sino que viene de muy atrás en el árbol de la evolución. En tren de especular, podríamos suponer que es el medio por el cual las neuronas reloj transmiten la información temporal a otras neuronas del cerebro que no albergan relojes circadianos.

Estos resultados abren muchos más interrogantes de los que cierran. Dadas las similitudes de los mecanismos que subyacen al reloj biológico de *Drosophila* y al de los mamíferos, es de esperar que todo lo que aprendamos sobre cómo funciona la compleja red de neuronas reloj en las moscas ayude a desentrañar los procesos que operan en mamíferos. Y tal vez en el futuro conduzca a diseñar tratamientos para trastornos derivados de su disfunción. CH

LECTURAS SUGERIDAS

FRENKEL L, 2017, 'La sinfonía diaria del reloj neuronal', Ciencia Hoy, 26, 155: 9.

KOHLER RE, 1994, *Lords of the Fly. Drosophila genetics and the experimental life*, University of Chicago Press.

KONSOLAKI M, 2013, 'Fruitful research: Drug target discovery for neurodegenerative diseases in *Drosophila*', *Expert Opinion on Drug Discovery*, 8: 1503-1513, DOI: *10.1517/17460441.2013.849691*.

WEINER J, 1999, *Time, Love, Memory. A great biologist and his quest for the origins of behavior*, Random House, Nueva York.

D Lorena Franco

Doctora en ciencias biológicas, UBA.
Investigadora asistente del Conicet en el Departamento de Física Médica, CNEA.
lorena.franco@cab.cnea.gov.ar

M Fernanda Ceriani

Doctora en ciencias biológicas, UBA.
Investigadora principal en el IIB, Fundación Instituto Leloir-Conicet.
fceriani@leloir.org.ar

Interpretación del aspecto de *Patagotitan mayorum*. Estos dinosaurios se representan por lo común con el cuello en posición horizontal, como aparecen en las páginas 22 y 23, pero hoy no se sabe lo suficiente como para descartar que hayan podido mover el cuello a la posición de este modelo de tamaño natural, producido por la firma alemana Dinosaurier Park Muenchehagen bajo la dirección del Museo Feruglio y ubicado sobre la ruta 3 en las entrada de Trelew. Foto nocturna Analía García

LA Recherche
Este artículo también se publica, en francés, en *La Recherche*, como parte de un acuerdo de reciprocidad entre esa revista y *Ciencia Hoy*.

José Luis Carballido
Diego Pol
Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Trelew

Patagotitan, ¿el dinosaurio más grande del mundo?

La enorme diversidad actual de seres vivos, con más de ocho millones de especies presentes en el planeta, es solo una pequeña muestra de la variedad que existió a lo largo de la historia de la Tierra. ¿Tiene límites la diversidad biológica? El tamaño corporal podría constituir uno de ellos, aunque no tenemos claras las razones de por qué sería así, ni sabemos si existe un tamaño máximo que, por ejemplo, un animal terrestre no podría superar. Si pensáramos que quizá los mayores animales actuales, los elefantes, lo puedan marcar, no estaríamos en el buen camino, pues la investigación paleontológica reveló la existencia de animales terrestres de especies extinguidas hace unos 66Ma (millones de años) que fueron miles de kilogramos más pesados que los elefantes o que cualquier animal que coexistió en tierra con la especie humana.

Esos animales gigantescos fueron un grupo particular de reptiles, los *dinosaurios saurópodos*, que alcanzó el mayor tamaño corporal entre los seres vivos terrestres del que tenemos noticias, con una masa que los hace incomparables con cualquier otro ser vivo de hábitos terrestres. Una nueva especie de ellos, encontrada en Chubut y en cuya investigación participaron los autores de esta nota,

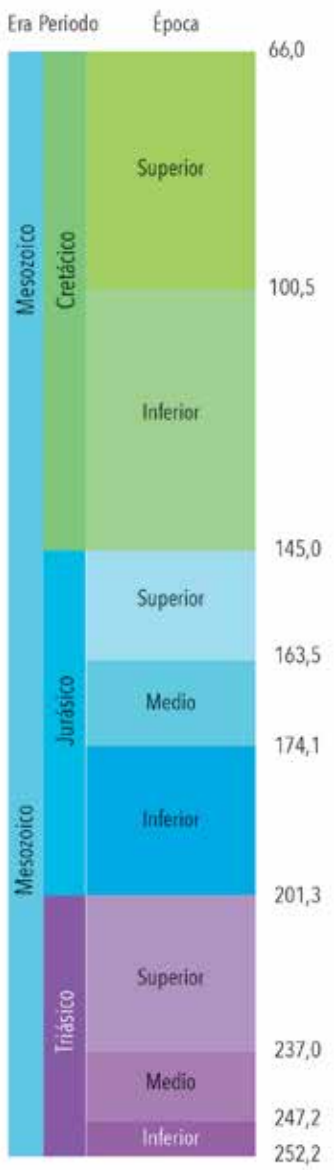
¿DE QUÉ SE TRATA?

Evolución y características de herbívoros gigantes que vivieron en la Patagonia hace cien millones de años.

proporciona información sobre la historia y las características de tales colosos.

Dinosaurios saurópodos

Los saurópodos fueron animales herbívoros que constituyeron el grupo más exitoso y diverso de dinosaurios. Los primeros integrantes del linaje que les dio origen, llamados *sauropodomorfos*, eran pequeños animales bípedos que pesaban entre 10 y 35kg, tenían cuellos relativamente cortos y cráneos proporcionalmente grandes con relación al cuerpo. Se remontan a los inicios mismos de los dinosaurios, que tuvieron lugar hace aproximadamente 230Ma, en el período triásico (252 a 201Ma) de la era mesozoica (252 a 66Ma). Al cabo de esta se extinguieron.



Divisiones del tiempo geológico en el lapso en que vivieron los dinosaurios. Las cifras indican millones de años antes del presente. La nomenclatura, los valores y la coloración se ajustan a las convenciones de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas. Las barras no están dibujadas en escala.

Pocos millones de años más tarde, estos animales experimentaron profundos cambios corporales. Hacia el final del Triásico aparecieron los primeros *saurópodos*, que eran cuadrúpedos, con patas robustas, cuellos y colas notablemente largos, y cabezas muy pequeñas con relación al cuerpo. Los primeros pesaban unos 6000kg, más que un elefante africano, un tamaño que fue en aumento con la evolución del grupo, si bien se mantuvieron las características básicas de su plan corporal. Su éxito evolutivo no tuvo paralelos entre los vertebrados terrestres, pues fueron los herbívoros dominantes de los ecosistemas terrestres por más de 140Ma, hasta su desaparición en la extinción masiva de especies acaecida hace unos 66Ma.

Tanto dicho éxito evolutivo como su descomunal tamaño probablemente se debieron a características anatómicas y fisiológicas únicas. Se ha inferido de la pequeña cabeza que no masticaban los alimentos como lo hacen los mamíferos: con la boca simplemente cortaban ramas y hojas, las que digerían por fermentación en cantidades masivas en los intestinos. Sus largos cuellos les permitían cubrir una gran área de forrajeo sin mover su pesado cuerpo, mientras que su extensa cola servía de ancla a los fuertes músculos utilizados para mover sus patas posteriores. Mediante el análisis del tejido óseo fosilizado se estimó que crecían con extrema rapidez, de suerte que alcanzaban su enorme tamaño en pocos años. Crecer rápido significaba poca demora en alcanzar la principal ventaja del gigantismo: librarse de predadores.

Titanosaurios, gigantes entre gigantes

A comienzos del período cretácico (hace 145Ma), comenzó a diversificarse un linaje de saurópodos que sería el más diverso de estos, el de los *titanosaurios*, del que se llevan definidas más de noventa especies, lo que asciende a alrededor del 30% de las conocidas de saurópodos.

Los titanosaurios habitaron ambientes continentales de todo el mundo, incluida lo que hoy es la Antártida, y fueron especialmente diversos y abundantes en Sudamérica. Llegaron a su apogeo en la última etapa del Cretácico y fueron los únicos saurópodos que existían al producirse la mencionada extinción masiva que puso fin a la era de los dinosaurios.

La gran diversidad de los titanosaurios se debe, en parte, a la marcada variación del tamaño corporal de sus especies, que iba desde las 5 o 6 toneladas, como un elefante actual, y estaba entre el de los saurópodos más pequeños, hasta unas 60 toneladas. La masa corporal es uno de los principales atributos de un animal y se encuentra estrechamente relacionada con diversos aspectos fisiológicos y ecológicos, como la tasa metabólica, el área de alimentación, la existencia de alimento, la densidad de la población y la extensión en que se distribuyen los animales de la especie. La gran variedad de tamaños de los titanosaurios indica que debieron haber tenido ubicaciones diferentes en los ecosistemas del Cretácico, y evolucionado en forma distinta en su adaptación a ellos, lo que a su vez explica la gran cantidad de especies del grupo.

A lo largo de los 150Ma en que vivieron dinosaurios en la Tierra, el territorio que hoy ocupa la Argentina sufrió enormes cambios. Cuando más abundaron, durante el Cretácico, el clima global era mucho más cálido que el actual, la vegetación cubría la Antártida, que no estaba congelada, no existían los grandes campos de hielo en lo que hoy es la Patagonia y la cordillera de los Andes no se había levantado. El agua que hoy está congelada en los casquetes polares formaba parte de los océanos, cuyo nivel, consecuentemente, era más alto y su superficie, mucho

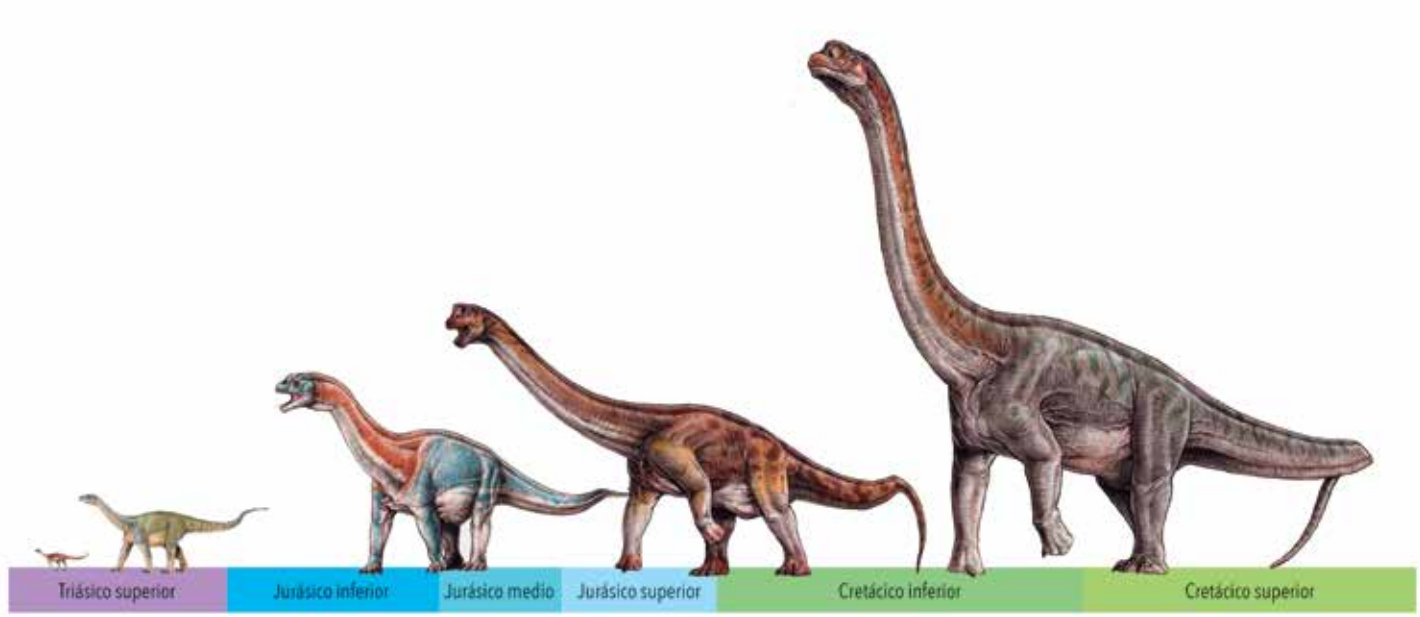
mayor que hoy. Los continentes se encontraban agrupados en dos grandes masas supercontinentales, Laurasia al norte y Gondwana al sur; la segunda incluía a Sudamérica, la Antártida, África, Madagascar, Oceanía y la India. Durante el Cretácico, Gondwana se fue fragmentando: cuando vivió el *Patagotitan*, Sudamérica se separaba de África pero continuaba unida a la Antártida, y en la Patagonia la flora estaba compuesta por coníferas, cícadas y helechos, dado que las angiospermas recién habían aparecido y todavía no dominaban los ecosistemas como lo hacen hoy.

Las relaciones de parentesco entre las especies de tiranosaurios y la evolución de los diversos tamaños que alcanzaron son cuestiones sobre las que todavía tenemos más preguntas que respuestas, en parte porque varias de las especies de mayor tamaño identificadas –como *Argentinosaurus* o *Puertasaurus*, ambas por restos encontrados en la Patagonia– lo fueron sobre la base de esqueletos muy incompletos. El hallazgo de un excepcional yacimiento paleontológico en el centro de Chubut, que llevó al reconocimiento de una nueva especie de titanosaurio, posibilitó realizar un significativo avance en el estudio de la evolución del gigantismo entre los titanosaurios.

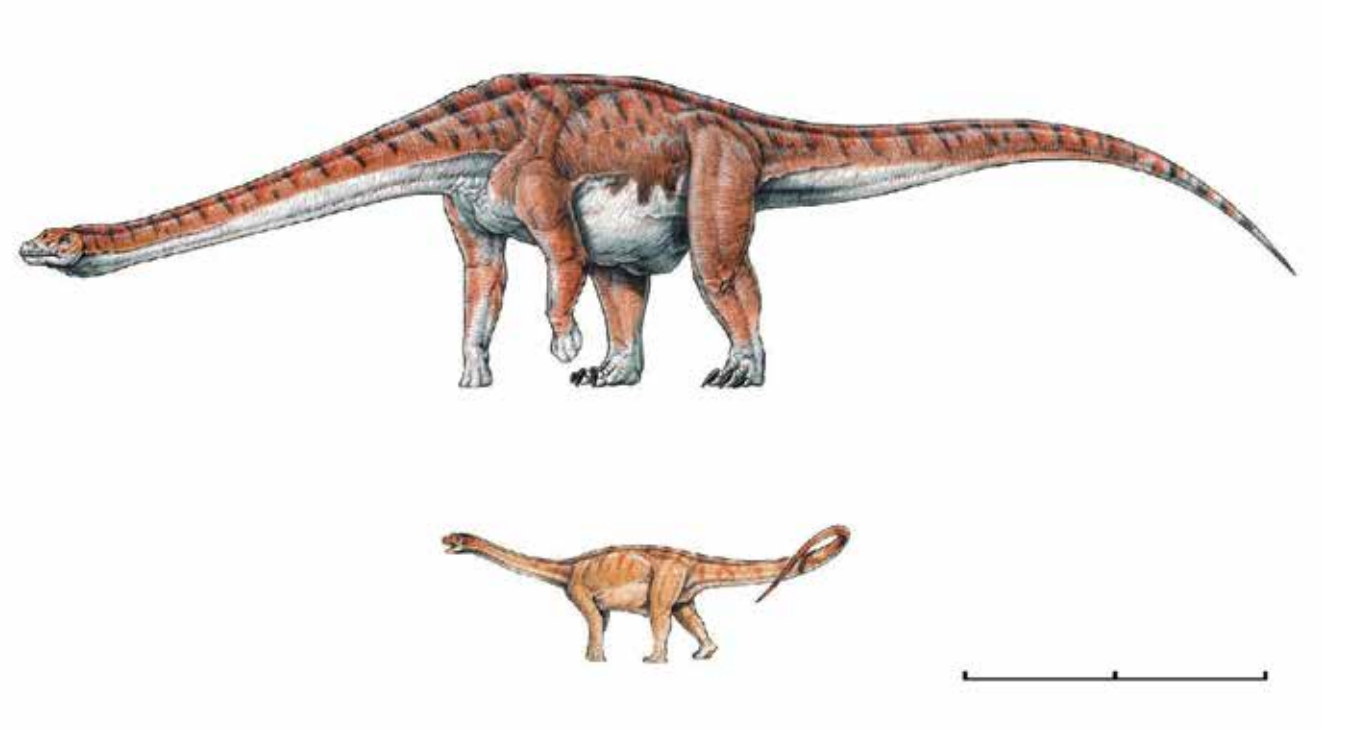
Patagotitan mayorum, el nuevo gigante

Entre principios de 2013 y fines de 2015 se excavó el nuevo yacimiento, llamado La Flecha por el nombre de la estancia en la que está, algo al suroeste de la localidad de Las Plumas, en el centro de Chubut. Allí Aurelio Hernández, un peón rural, advirtió de manera fortuita algo que le llamó la atención y le hizo pensar en restos fósiles. Los propietarios del campo, de apellido Mayo, informaron responsablemente el hallazgo a Pablo Puerta, técnico del Museo Paleontológico Egidio Feruglio de Trelew. Uno de los fósiles de Hernández resultó ser un fémur de 2,40m de largo, indicación de haber pertenecido a un animal gigante. Los tres años de trabajos de campo resultaron en la colección de más de 150 huesos y en la identificación de una nueva especie de titanosaurio: *Patagotitan mayorum* ('el titán patagónico de la familia Mayo').

En tres niveles diferentes de rocas, se encontraron huesos fósiles de varios individuos de la misma especie, que quedaron sepultados en tres momentos diferentes. La secuencia de rocas sedimentarias con fósiles tiene un espesor de alrededor de 3,5m y está compuesta por arenas



Evolución del tamaño corporal de dinosaurios sauropodomorfos. De izquierda a derecha, *Saturnalia tupinquim, Lessemsaurus sauropoides, Patagosaurus fariasi, Tehuelchesaurus benitezii y Chubutisaurus insignis.* Dibujo G Lio



Tamaño extremos de titanosaurios del período cretácico: *Rinconsaurus caudamirus* (5 toneladas) y *Patagotitan mayorum* (69 toneladas). La barra que da la escala mide 10m. Dibujo G Lio

de grano medio y limos o arcillas de grano fino. El tipo de roca indica que el sitio fue una planicie de inundación cercana a un río, y que los esqueletos quedaron cubiertos por aguas que se movían con lentitud. Se ha estimado que los huesos pertenecieron a por lo menos seis individuos muertos en tres momentos distintos. De esta forma, disponemos de alrededor del 70% del esqueleto de un *Patagotitan mayorum*, una proporción excepcionalmente alta solo alcanzada en unos 15 titanosaurios.

En estratos de La Flecha aparecieron cenizas volcánicas blanquecinas, algo muy valioso para geólogos y paleontólogos pues suelen contener compuestos ricos en uranio radiactivo que decae gradualmente en plomo y permiten establecer la antigüedad de las erupciones. En este caso, los análisis de las cenizas arrojaron una edad de entre 101,80Ma y 101,44Ma. En otras palabras, esas rocas datan de mediados del Cretácico y coinciden con la gran diversificación evolutiva de los titanosaurios.

Entre los huesos de los *Patagotitan* se encontraron más de ochenta dientes de dinosaurios carnívoros, de la familia de los *carcarodontosáuridos*, un grupo taxonómico que incluye a los más grandes carnívoros conocidos, los cuales eran enormes por comparación con otros carnívoros, pero diez veces más pequeños que *Patagotitan*, por lo que probablemente no hayan sido capaces de cazarlo. La acumulación de dientes podría significar consumo de las varias toneladas de carroña que proporcionaba un *Patagotitan* muerto.

¿Cuánto pesaban los gigantes?

Si bien el peso o la masa corporal es sumamente importante para diversas variables biológicas de los animales, cuando se trabaja con especies extinguidas, como los dinosaurios, solo conocidas por sus huesos, se debe estimar de alguna forma la masa corporal. Para un cuadrúpedo se lo puede hacer de dos maneras. La primera es emplear relaciones entre el peso y el diámetro de los huesos principales de las patas delanteras y traseras, respectivamente el húmero y el fémur, que soportaban ese peso. La segunda manera es calcular el volumen del animal sobre la base de una imagen tridimensional del esqueleto más el agregado hipotético de tejido blando. Para *Patagotitan* se recurrió a ambos métodos. Partiendo del diámetro de los huesos portantes se llegó a 69 toneladas (con un error de unas 15), y mediante el cálculo volumétrico se obtuvo 61 toneladas. Esos valores son más altos que los correspondientes a cualquier otro dinosaurio, incluso el doble de los de algunos famosos gigantes del hemisferio norte, como el *Brachiosaurus*.

La comparación con los otros titanosaurios contendientes a ser los dinosaurios más grandes conocidos, la mayoría aproximadamente contemporáneos, como el *Argentinosaurus huinculensis*, encontrado en Neuquén, o el *Puertasaurus reuilii*, desenterrado en Santa Cruz, no es tan sencilla, principalmente porque los huesos encontrados de estos

Fémur de *Patagotitan mayorum* comparado con el del paleontólogo español José Ignacio Canudo. Foto Alejandro Otero

otros son muy pocos y no incluyen los de las patas traseras o delanteras. Sin embargo, entre los escasos huesos conocidos de *Argentinosaurus* o de *Puertasaurus* se hallan las primeras vértebras del tórax, que se encuentran preservadas también en *Patagotitan*. Comparando diversas medidas de esas vértebras, se advierte que los tres gigantes eran de tamaño aproximadamente similar, aunque las vértebras de *Patagotitan*, por ser aproximadamente 10% más altas, sugieren que este habría sido el más grande. La importancia del descubrimiento de *Patagotitan*, sin embargo, no es el hecho de que haya sido unas toneladas más pesado que otros gigantes, sino que por primera vez se conoce relativamente bien la anatomía de uno de los más grandes, lo que permite analizar la evolución del grupo de manera más fundada.

Ubicación anatómica del fémur de *Patagotitan mayorum*. La barra que da la escala mide 10m.

La evolución de los titanosaurios patagónicos

En la actualidad, las relaciones genealógicas y la evolución de las especies se abordan por un método computacional conocido como *filogenética*, el que permite identificar los árboles evolutivos mejor amoldados a los datos de matrices numéricas que codifican cientos de características anatómicas de las diferentes especies. Para comprender las relaciones filogenéticas de *Patagotitan* se utilizó una matriz de 405 caracteres de la anatomía del esqueleto de 87 especies de dinosaurios, de las cuales 28 fueron titanosaurios. Se obtuvo como resultado que *Patagotitan* pertenece a un grupo de titanosaurios llamados *loncosaurios*.

En 2007, un grupo de paleontólogos argentinos y brasileños identificó un nuevo grupo de titanosaurios primitivos, en el cual incluyó a dos grandes dinosaurios de Neuquén y Mendoza, y supusieron que el gigante *Puertasaurus* también podría pertenecer a él, aunque con

ciertas dudas debido a que solamente conocemos 3% de su esqueleto. El nombre loncosaurios hace referencia a la palabra mapuche que significa jefe o cacique, en alusión al gran tamaño de estos titanosaurios y a la procedencia patagónica de los fósiles. El descubrimiento de *Patagotitan* y el análisis filogenético de los titanosaurios llevó a concluir que el grupo era mucho más diverso que lo originalmente pensado.

Si se analiza cómo cambió el tamaño de los titanosaurios durante los 60Ma de evolución que experimentó este grupo, se constata que fue relativamente estable durante las primeras etapas del Cretácico (e incluso también antes, durante el Jurásico), cuando la mayoría de ellos oscilaba entre las 12 y las 15 toneladas de peso, incluso las especies que dieron origen a los titanosaurios. Sin embargo, tempranamente en la evolución de los últimos se comprueban múltiples cambios del tamaño corporal, que incluyeron procesos evolutivos tanto hacia el gigantismo como hacia el enanismo. Si bien se reconocen tres linajes de titanosaurios que aumentaron su tamaño corporal, uno se distingue claramente del resto: los loncosaurios, cuyo cambio de peso rompió los límites conocidos y en la Patagonia entre 100 y 85Ma triplicó los valores de la mayoría de los saurópodos.

La fortuita caída de cenizas volcánicas en el yacimiento de la estancia La Flecha no solo indica cuándo vivió el mayor dinosaurio conocido hasta el momento sino, también, que es el loncosaurio más antiguo. Como tal, pone fecha a la rápida diversificación evolutiva (técnicamente, la *radiación*) de los loncosaurios y al episodio de gigantismo más extremo en la vida del planeta del que tenemos noticias. Esa particular época del Cretácico, hace poco más de 100Ma, fue crítica para la evolución de la vida terrestre, dado que entonces se produjo tam-

Yacimiento La Flecha, donde se encontró el *Patagotitan mayorum*. La silueta del dinosaurio indica en diferentes colores los huesos de los diversos individuos identificados en el yacimiento y recuperados en los lugares que muestra el croquis inferior. La fotografía de la excavación se tomó mirando al este. Las barras que dan la escala miden 10m. Dibujo J González y AC Garrido

Vista general de la excavación del yacimiento La Flecha.

bién la radiación de otros linajes de reptiles, como los dinosaurios carnívoros y los cocodrilos, el inicio de una reestructuración mayúscula de los ecosistemas terrestres por la aparición de las plantas con flores o angiospermas y el aumento de la temperatura global del planeta. Aún estamos conociendo los detalles de esta peculiar coyuntura del mundo mesozoico, en la que aparecieron y prosperaron los caciques patagónicos. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2017, 'Paleobotánica', Ciencia Hoy, 25, 154. Número temático en el que varios artículos se refieren a la flora en tiempos de los dinosaurios.

CARBALLIDO JL *et al.*, 2017, 'A new giant titanosaur sheds light on body mass evolution among sauropod dinosaurs', *Proceedings of the Royal Society B*, 284, 1860: 20171219, DOI: *10.1098/rspb.2017.1219*.

NOVAS FE, 2009, *The Age of Dinosaurs in South America*, Indiana University Press, Bloomington.

SALGADO L y PASQUALI R, 2001, 'El cómo, cuándo y dónde de los dinosaurios de la Argentina: una reseña sobre las principales especies conocidas y su descubrimiento', Ciencia Hoy, 11, 65: 42-57.

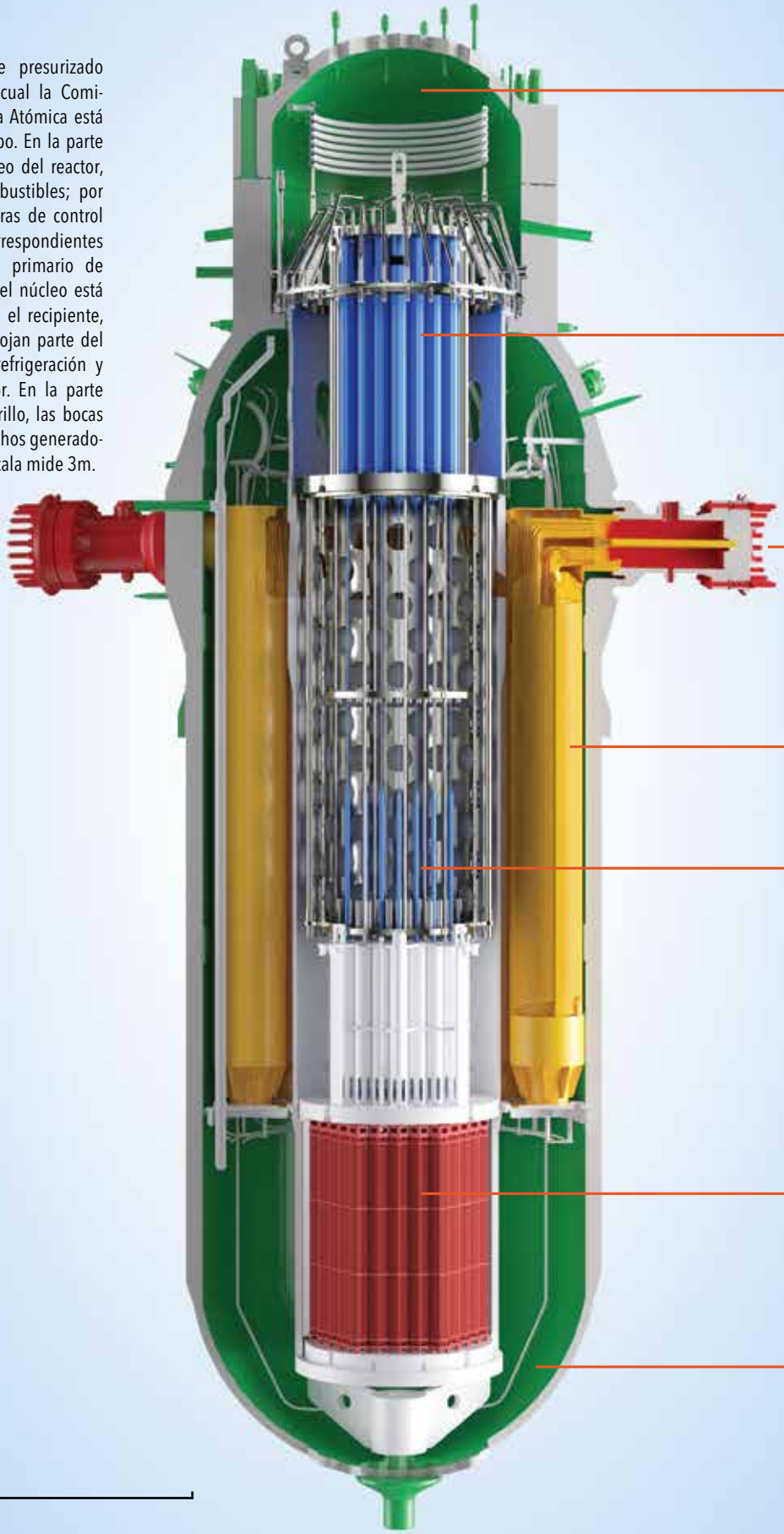
José Luis Carballido

Doctor en biología, Universidad Nacional del Comahue.
Investigador adjunto del Conicet en el Museo Paleontológico Egidio Feruglio.
Jcarballido@mef.org.ar

Diego Pol

Doctor (PhD) en biología, Columbia University.
Investigador principal del Conicet en el Museo Paleontológico Egidio Feruglio.
dpol@mef.org.ar

Esquema del recipiente presurizado del reactor Carem, del cual la Comisión Nacional de Energía Atómica está construyendo un prototipo. En la parte inferior se ubica el núcleo del reactor, con sus elementos combustibles; por encima, en azul, las barras de control y seguridad con sus correspondientes mecanismos. El circuito primario de refrigeración por agua del núcleo está totalmente contenido en el recipiente, en el cual también se alojan parte del circuito secundario de refrigeración y los generadores de calor. En la parte media superior, en amarillo, las bocas de entrada y salida de dichos generadores. La barra que da la escala mide 3m.



Carla Notari
Instituto de Tecnología Nuclear Dan Beninson
(IDB), UNSAM-CNEA

Centrales nucleares. Presente y futuro

El número 147 de Ciencia Hoy, *de enero-febrero de 2016, estuvo enteramente dedicado a la energía en la Argentina. Si bien incluyó once artículos y un glosario, hubo temas que quedaron afuera. El siguiente artículo suple una de esas deficiencias. Para ponerlo mejor en contexto, se recomienda referirse al citado número, y también leer el editorial 'Electricidad y cuidado del ambiente', del número anterior a este de la revista.*

La generación nuclear satisface hoy el 11% de la demanda de energía eléctrica mundial, con 440 reactores en funcionamiento en 30 países, un valor porcentual que hoy tiende a decrecer, a pesar de que se siguen instalando centrales nuevas y prolongando el uso de las que van llegando al final de su ciclo de vida de diseño. Esto se debe a la creciente utilización de combustibles fósiles, especialmente carbón, para satisfacer una demanda también creciente de electricidad.

La energía nucleoeléctrica es, junto a la eólica y la hidroeléctrica, una de las tecnologías que posibilitan generar electricidad con menos emisiones de carbono. Proporciona el 30% de la energía eléctrica producida con bajas emisiones. Debido principalmente a que el insumo básico, el uranio, permite obtener grandes cantidades de energía a partir de pequeños volúmenes de material, para igual cantidad de electricidad producida la generación nuclear requiere considerablemente menos minería, procesamiento y transporte, lo cual implica más reducida contaminación y un volumen significativamente menor de residuos a disponer. Estos factores, en síntesis, reducen su impacto ambiental. Además, el uranio, a diferencia del petróleo o del gas, es un material

¿DE QUÉ SE TRATA?

El problemático presente y las perspectivas futuras de la generación nuclear.

más uniformemente distribuido en la corteza terrestre, lo cual mejora la seguridad energética debido a la mayor cantidad de proveedores de la materia prima.

De lo señalado en los párrafos anteriores derivan algunas de las mayores ventajas de las centrales nucleares. Sin embargo, la generación nucleoeléctrica tiene aspectos controvertidos que inspiran rechazo en amplios sectores. El costo inicial por unidad de potencia es uno de ellos: el de la generación nuclear es más alto si se lo compara con carbón y gas, aunque más reducido que el de las fuentes renovables. La toxicidad, extendida en el tiempo, de los residuos nucleares es otro aspecto controvertido. El parque nucleoeléctrico mundial trabaja almacenando transitoriamente el combustible gastado que se extrae del reactor, a la espera de su disposición final enterrado en repositorios profundos. Ese residuo es altamente radiactivo y debe mantenerse aislado durante miles de años.

Un tercer inconveniente es la posibilidad de desvío de material físil para fabricar explosivos nucleares. Sin embargo, la producción con fines militares no se realiza en reactores comerciales como las centrales nucleares, y las potencias con armamento nuclear ya poseen un considerable inventario de uranio de alto enriquecimiento y de plutonio. Por otro lado, hasta el momento nunca se registró la apropiación de material por parte de organizaciones terroristas. El Organismo Internacional de Energía Atómica posee un sistema de control estricto y efectivo de inventario de los materiales físiles que circulan en las plantas comerciales.

Finalmente está el aspecto que más efecto tiene en la opinión pública: la posibilidad de que se produzcan accidentes, en especial del tipo de los dos que alcanzaron la mayor categoría de desastre en la clasificación especializada sobre accidentes en instalaciones nucleares, el de Chernobyl, en Ucrania (1986), y el más reciente y espectacular, causado por un sismo y su posterior tsunami, el de Fukushima Dai-ichi, en Japón (2011).

Las consecuencias del desastre natural en la planta japonesa fueron calamitosas. Esto se debió a la fusión de combustible en tres de los reactores y la liberación de material radiactivo a la atmósfera como consecuencia de la falla de la contención que los cubre, la que constituye la última de las numerosas barreras al escape de material radiactivo. El accidente nuclear en sí fue solo una parte de la catástrofe producida por este fenómeno natural, que destruyó toda la infraestructura de la región: viviendas, puentes, caminos, puertos, diques, etcétera. El resultado más terrible del evento fue un saldo estimado de 18.000

Centrales Atucha I (derecha), en funcionamiento desde 1974, y Atucha II, en funcionamiento desde 2014. Hacia la derecha y fuera del cuadro se construye actualmente un prototipo del reactor modular Carem, como se ve en la ilustración de la página 32. La fotografía fue tomada en 2010. Wikimedia Commons

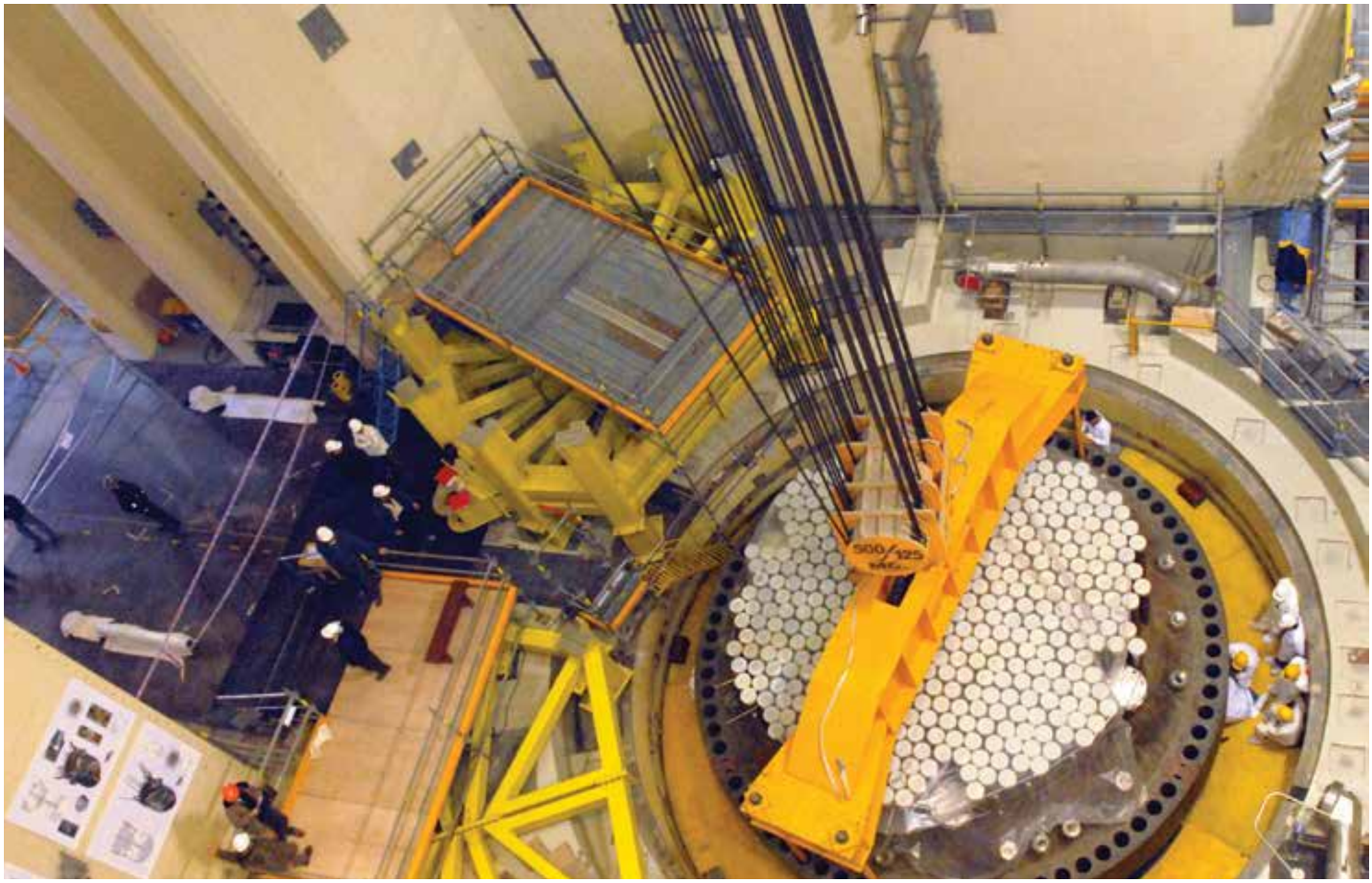
Central Embalse Río Tercero, en funcionamiento desde 1984. La fotografía fue tomada en 2012. Wikimedia Commons

muertos y 6000 desaparecidos, que se debieron al tsunami y no al accidente nuclear. Esto no oculta las consecuencias del último: la evacuación de alrededor de 100.000 personas de las zonas afectadas y la acumulación en tanques especiales de grandes cantidades de agua contaminada. El líquido se debió usar para refrigerar los reactores ante la pérdida total del suministro eléctrico que impidió el funcionamiento de los sistemas destinados justamente a esa tarea. Las consecuencias en la salud humana están siendo estudiadas exhaustivamente en toda la población afectada; los resultados no muestran un aumento significativo en la probabilidad de contraer cáncer, pero sí una grave perturbación psicológica, asociada a todas las catástrofes de esta magnitud.

Cambios en el ciclo del combustible nuclear y en el diseño de los reactores

El ciclo del combustible nuclear requiere un conjunto de procesos e instalaciones para llevar el uranio desde la mina hasta la disposición final de sus residuos. Hay dos tipos de ciclo: el abierto y el cerrado. En el primero, usado hoy en todo el mundo, el combustible gastado se trata como residuo sin uso posterior y se le debe encontrar un destino definitivo. Es un material más tóxico que el uranio original extraído de la mina. La dificultad en establecer repositorios profundos para su disposición final es un problema más de opinión pública que tecnológico, y ha resultado en un aumento del inventario de combustible gastado en almacenamiento transitorio. De hecho, el almacenamiento transitorio inicialmente planificado para durar alrededor de cincuenta años se extenderá por un lapso más cercano a los cien años.

El ciclo cerrado incluye el procesamiento del combustible gastado para separar sus componentes útiles (uranio, plutonio y otros elementos radiactivos o actínidos menores) de los productos de fisión, que son una fracción mínima del volumen total y se los considera residuo. Este residuo solo contiene trazas de actínidos y puede disponerse en forma definitiva en matrices de vidrio, pues la toxicidad de sus radiaciones no supera, después de unos trescientos años de vida, la del uranio natural. De este modo se aliviaría en forma marcada el problema de la disposición final. Uranio, plutonio y ac-



Núcleo del reactor de la central nuclear Atucha 2 en proceso de montaje. Los círculos blancos corresponden a los tapones protegidos de los canales combustibles.

tínidos menores recuperados pueden utilizarse para fabricar nuevos elementos combustibles y reintroducirse en el reactor.

Los reactores óptimos para utilizar en los ciclos cerrados son los *reactores rápidos*, un tipo que no está hoy en uso comercial, pero del que se dispone de una importante experiencia operativa en varios países (Francia, Rusia y Japón). Su característica fundamental es que la población de neutrones libres que se encuentra en su núcleo tiene energías promedio más altas que en los actuales reactores térmicos. Esto permite utilizarlos como reactores reproductores, que producen más material físil que el que consumen. Además, son más aptos para fisionar en forma eficiente plutonio y actínidos menores, que son hoy lo más acuciante para la disposición final de los residuos. Con la intensa actividad de investigación y desarrollo que hoy tiene lugar en el mundo, tanto sobre diseño de reactores como sobre las técnicas de reprocesamiento, se puede prever que los reactores rápidos podrían difundirse hacia mediados de este siglo, con el consiguiente ahorro de materia prima nuclear y reducción del lapso de peligro radiactivo de los residuos de unos cuantos miles a unos pocos cientos de años.

El futuro

La gran mayoría de las centrales nucleares actuales fueron diseñadas en las décadas de 1980 y 1990 y paulatinamente mejoradas para incorporar sistemas de seguridad pasiva, es decir, sistemas que no necesitan suministro eléctrico sino que se basan en fenómenos físicos como la gravedad o la circulación natural del agua. Otros cambios han apuntado a reducir los tiempos de construcción y por ende los costos de inversión por acumulación de intereses.

Varios fenómenos pueden señalarse en relación con la evolución próxima de las centrales nucleares. La prolongación de la vida útil de las plantas actuales se fundamenta en la comprobación de que estas instalaciones pueden durar mucho más que los 30-40 años para los cuales fueron diseñados. Esta extensión de vida se realiza renovando aquellos elementos clave de la instalación que sufren mayor desgaste, como los generadores de vapor y, en el caso de los reactores de uranio natural CANDU (como los de la central de Embalse Río Tercero), los canales combustibles. Si bien la inversión necesaria es importante, la extensión de la vida útil esperada, unos 30 años adicionales, tiene un efecto muy favorable en los costos de generación.

En los próximos veinte años se verán los resultados de este proceso en gran cantidad de centrales de distintos países. En los Estados Unidos aproximadamente la mitad de las plantas nucleares operativas ha obtenido el permiso del ente regulador para extender su vida y la otra mitad se prepara para gestionarlo. En Europa, el 40% de las que funcionan llegará al final de su vida de diseño en los próximos diez años. En la de Embalse Río Tercero se está trabajando activamente en esta dirección.

El cierre del ciclo de combustible nuclear utilizando reactores rápidos se está analizando en todo el mundo. Tres de los seis diseños de reactores avanzados en estudio en la actualidad –llamados reactores de cuarta generación– son de este tipo. Aun en los Estados Unidos, que por razones de proliferación han abogado sostenidamente por el ciclo abierto, se analiza la conveniencia de sustituirlo por el cerrado, cuya introducción requerirá un riguroso régimen de salvaguardas tanto en la etapa de procesamiento del combustible usado para separar los residuos como en la de enriquecimiento del combustible recuperado. Por ello en estos momentos se trabaja intensamente en formas de procesamiento novedosas, por ejemplo, separar el plutonio junto con los actínidos menores y adicionarles uranio natural o empobrecido para fabricar el combustible reciclado del reactor rápido.

La construcción de centrales nucleares medianas y pequeñas es otra de las posibilidades futuras consideradas promisorias. La tendencia histórica ha sido hacia módulos de mayor potencia: los más comunes se han caracterizado por una potencia eléctrica de entre 1 y 1,5GW. En este contexto las centrales nucleares argentinas, cuyos módulos tienen potencias eléctricas de 362MW (Atucha I), 648MW (Embalse) y 745MW (Atucha II), pueden considerarse entre pequeñas y medianas. La razón principal de esta tendencia era económica, debido a la preponderante incidencia del costo inicial de inversión en el costo de generación. Sin embargo, hace años se trabaja en el diseño de centrales pequeñas, adecuadas para instalar en países con redes reducidas o en zonas aisladas donde el aprovisionamiento frecuente de combustible es difícil. Estas centrales contraponen la desventaja de un mayor costo por unidad de potencia instalada a la ventaja de una mayor facilidad para establecer sistemas de seguridad pasiva, los que ante una situación de emergencia puedan actuar sin intervención humana y en ausencia de suministro eléctrico. Al mismo tiempo, una vez alcanzado cierto grado de madurez en el mercado de ese tipo de plantas, podrían fabricarse en forma modular de modo de disminuir sensiblemente los tiempos de montaje. Esto aliviaría la desventaja económica de los mayores costos de inversión por unidad de potencia instalada.

Diversos países trabajan en estos momentos en proyectos de centrales pequeñas, de los que dos están en proceso avanzado de construcción: el prototipo argentino Carem-25 y el ruso KLT-40S, de 27 y 35MW de potencia eléctrica respectivamente. Las tecnologías empleadas en la gran variedad de proyectos son muy diversas, pero características comunes de todos son la limitada potencia (menor que 300MW eléctricos) y el diseño modular, que implica un menor número de estructuras, sistemas y componentes.

Si bien tanto los costos como el mercado para este tipo de reactores son aún inciertos, los fabricantes confían en que los costos de inversión sean menores una vez alcanzada la producción en serie, aunque los costos de operación (incluido el combustible) y mantenimiento serían mayores por un uso menos eficiente del combustible y por la mayor dotación de personal por unidad de potencia en comparación con centrales más grandes.

El prototipo Carem-25 (*http://www.cnea.gov.ar/carem*) se está construyendo en un predio de la Comisión Nacional de Energía Atómica próximo a las centrales Atucha I y II, a orillas del Paraná. Esquemáticamente, emplea el calor originado en la fisión de uranio para producir vapor que mueve una turbina, la cual genera electricidad. El reactor está encerrado en una vasija cilíndrica de 11m de altura y 3,4m de diámetro, construida en acero de 20cm

Vista aérea parcial de la central nuclear de Fukushima Dai-ichi después del accidente. Se observan los edificios semidestruidos de dos de los seis reactores que formaban parte de la central.

Instalaciones en construcción para el prototipo del reactor Carem emplazado en la costa del Paraná. Arriba a la derecha se aprecian las cúpulas de Atucha I y II. Fotografía tomada en 2016, CNEA.

de espesor y revestida en su interior en acero inoxidable; está rodeada por una estructura de hormigón y acero que cumple la función de contención y blindaje.

El núcleo del reactor, diseñado localmente, se compone de 61 elementos combustibles, cada uno con 100 barras con uranio enriquecido (al 1,8% y 3,4%) de 140cm de altura. El recipiente contiene el sistema primario de refrigeración del núcleo, los generadores de vapor (que son 12) y los mecanismos hidráulicos que accionan las barras de control. La refrigeración del núcleo se realiza por convección natural de agua, sin bombas que necesiten electricidad. Los generadores de vapor, minihelicoidales, se ubican por encima del núcleo, lo cual asegura la convección natural. El recipiente cilíndrico termina en forma de domo en la parte superior, lo cual hace operar al sistema en un ambiente presurizado.

Se prevé que el prototipo se ponga en funcionamiento en 2019. Más allá de las perspectivas económicas del proyecto, que permiten vislumbrar el desarrollo de una actividad industrial de exportación de base tecnológica, su realización constituye un bienvenido aporte a apuntalar el puente que conduce de la investigación científica a la investigación tecnológica y de esta a la aplicación industrial, puente cuya fragilidad es notoria en la Argentina. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BES D, 1989, 'Cincuenta años de la fisión nuclear', Ciencia Hoy, 1: 67-68.

CARLINO H, PERCZYK D y RABINOVICH G, 2016, 'Energía y cambio climático', Ciencia Hoy, 149: 42-47.

DE LA FUENTE ARIAS E *et al.*, 2004, *Manual de tecnología nuclear para periodistas*, Foro de la Industria Nuclear Española, Madrid. Disponible en *https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1058982*.

FELIZIA E, 1996, 'Centrales nucleares. La evaluación probabilística de su seguridad', Ciencia Hoy, 35: 54-64. Incluye un recuadro sobre Chernobyl.

FELIZIA E, 2003, 'Descubrimiento de la fisión nuclear y la generación de energía', Ciencia Hoy, 73: 56-65.

Carla Notari

Licenciada en física, UBA.
Directora del Instituto de Tecnología Nuclear Dan Beninson, UNSAM-CNEA.
Profesora titular, UNSAM.
Asesora del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Las Malvinas, ¿objeto de investigación?

Dos acontecimientos que tuvieron lugar hace treinta y cinco años marcaron profundamente los sentimientos y las actitudes de la sociedad argentina con relación a las Malvinas. Si hoy alguien ajeno a nuestro medio procurara informarse acerca de ellos leyendo la prensa del momento, seguramente concluirá que el primero –la invasión de las islas dispuesta por la dictadura militar en 1982– fue un acto cuasi festivo que tuvo unánime apoyo social. Difícilmente encuentre este hipotético interesado registros de opiniones disidentes, aunque quizá piense que ellas no se manifestaron debido al carácter represivo del régimen, pero al mismo tiempo posiblemente advierta que la intensidad y diversidad de manifestaciones favorables a la invasión en todos los niveles sociales creaban un clima poco propicio a los cuestionamientos.

Leyendo las noticias del segundo acontecimiento –la guerra entre la Argentina y Gran Bretaña que se desencadenó en el lapso de escasas semanas de la invasión y terminó luego de 74 días con la expulsión de los invasores–, seguramente el mencionado interesado concluya que la sociedad lo tomó con ánimo sombrío, como una adversidad que se le había venido encima, pero también observe que si bien se produjeron oscilaciones en el pensamiento político al compás del derrumbe del régimen militar, de la restauración democrática y de las primeras alternancias en el gobierno de los dos partidos políticos dominantes, se marchó hacia una llamativa uniformidad de opiniones sobre la posición de la sociedad ante las islas, expresada, por ejemplo, en la disposición constitucional que las declara parte del territorio nacional, o en las múltiples manifestaciones públicas que así lo afirman.

Ciencia Hoy presenta en lo que sigue algunos análisis que invitan a los lectores a reflexionar sobre el tema y a la comunidad académica a considerarlo como un objeto de investigación que sería conveniente abordar. Luego de una introducción acerca de los enfoques de los estudios históricos sobre las islas, producida por los editores, un artículo firmado señala algunas líneas de análisis para las ciencias sociales.

Enfoques sobre la historia de las Malvinas

Los estudios históricos sobre las islas que el Estado argentino denomina Malvinas y el británico Falklands han sido objeto de por lo menos dos tipos de abordajes, enfocados uno en la historia política y militar del archipiélago, y el otro en el impacto de la cuestión Malvinas en la cultura y la política nacional. Una tercera línea de reflexión, más reciente, estudia la acción humana sobre la naturaleza en el Atlántico sur.

El primer conjunto de trabajos gira en torno al descubrimiento, la ocupación y la disputa por el control del archipiélago austral. Esa literatura tiene, a su vez, dos grandes vertientes, cuyos ejes son la historia diplomática y la historia del conflicto militar de 1982 respectivamente. En el primer grupo predominan las investigaciones centradas en las relaciones entre la Argentina y Gran Bretaña, con un fuerte énfasis en la cuestión de los derechos de soberanía. El segundo grupo de trabajos, en cambio, está centrado en las batallas de ese año.

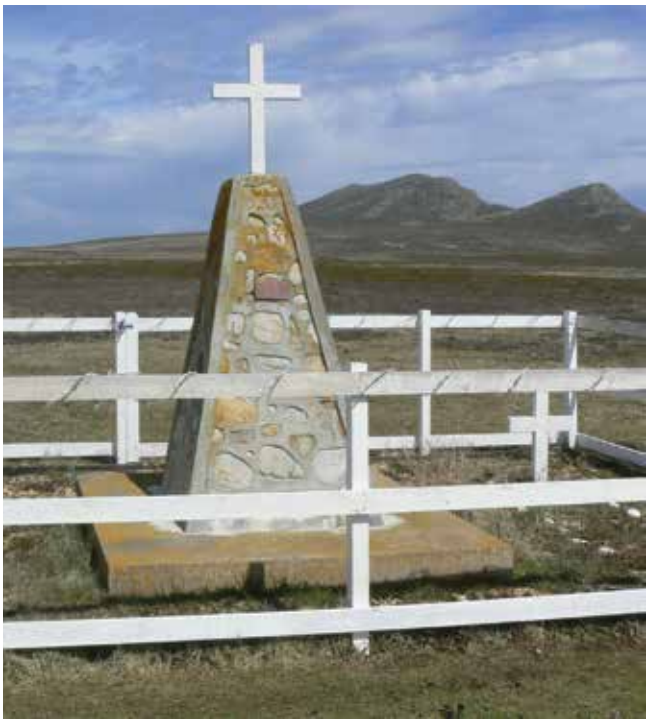
La literatura sobre la guerra de las Malvinas comprende desde una historia militar y diplomática de cuño tradicional, hasta estudios centrados en la experiencia subjetiva de

¿DE QUÉ SE TRATA?

Las diversas líneas de reflexión adoptadas a lo largo de los años por historiadores y otros interesados en las islas.

los actores, la representación del conflicto en la prensa y sus ecos en la opinión pública. En las bibliotecas argentinas predominan las investigaciones realizadas y publicadas localmente, pero existe una vasta literatura producida en Gran Bretaña. De hecho, la tradición guerrera e imperialista de esa nación, así como el considerable desarrollo de los estudios históricos en sus universidades y centros de investigación, ha dado lugar a un amplio conjunto de trabajos sobre la historia de las guerras que cubre toda la experiencia británica en la era moderna. El conflicto militar de 1982 es uno de los capítulos más recientes de esa rama de estudios históricos.

El segundo conjunto de trabajos mencionado se interroga por el significado y el impacto de las Malvinas en la política y la cultura de las naciones que se enfrentaron en el año nombrado. Tal literatura pone más la atención en la sociedad nacional que en las islas. En la Argentina (donde la cuestión Malvinas indudablemente pesa más que en Gran Bretaña), su principal foco de interés son los procesos políticos y culturales que convirtieron al diferendo



de soberanía en una causa nacional, esto es, en un factor central en la definición de la identidad argentina.

Este fenómeno es relativamente reciente. Hasta el último tercio del siglo XX la ocupación británica de las islas era concebida como un problema menor de la relación anglo-argentina y con escaso peso en la agenda internacional del país, de estatus similar a los diferendos territoriales con países vecinos. Ni siquiera los grupos nacionalistas le otorgaban gran importancia. En consonancia con este cuadro, todavía en la década de 1970 existían vínculos regulares con las islas, que incluían vuelos entre el continente y Puerto Stanley (a cargo de la aerolínea estatal LADE), así como cierta colaboración en cuestiones comerciales, logísticas, educativas y sanitarias. En esos años, las negociaciones con Gran Bretaña parecían encaminarse lentamente hacia la cesión de soberanía, una solución que la dirigencia política argentina consideraba satisfactoria.

Pero durante las décadas de 1960 y 1970 el significado de la cuestión Malvinas fue cambiando. Para un número creciente de actores de peso en la vida pública local el problema dejó de encuadrarse como un mero diferendo territorial y se transformó en un factor capaz de movilizar el sentimiento de comunidad. Por detrás de esta mutación se advierte un cambio en la manera de concebir la nación, que dio enorme gravitación a su dimensión territorial (al punto de que, amén de instigar una guerra, terminó inscribiendo el reclamo de soberanía en la propia letra de la Constitución). Las razones de la emergencia de esta forma de nacionalismo, que sostiene que la Argentina no podrá realizarse plenamente hasta que la bandera nacional no flamee en las islas, constituyen un fértil campo de indagación. Desde esta perspectiva, las Malvinas sirven, ante todo, como mirador para explorar problemas más amplios de la política y de la cultura política nacionales. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BOYCE G, 2005, *The Falklands War*, Palgrave Macmillan, Basingstoke.

CAVIEDES CN, 1994, 'Conflict over the Falkland Islands. A never-ending story?', *Latin American Research Review*, 29, 2: 172-187.

CHARLTON M, 1989, *The Little Platoon. Diplomacy and the Falklands dispute*, Basil Blackwell, Oxford.

PALERMO V, 2007, *Sal en las heridas. Las Malvinas en la cultura argentina contemporánea*, Sudamericana, Buenos Aires.

Rosana Guber
Centro de Investigaciones Sociales, IDES-Conicet

A 35 años, ¿vale la pena estudiar la guerra de Las Malvinas?

Este artículo se refiere al conflicto armado que sostuvieron la Argentina y Gran Bretaña en 1982 por la soberanía de los archipiélagos Malvinas/Falklands, Georgias del Sur, Sandwich del Sur y los mares circundantes. La guerra, nunca declarada, se extendió entre el 2 de abril, con la ocupación armada de la capital isleña Puerto Stanley, y el 14 de junio, con la capitulación argentina, tras 45 jornadas de acciones bélicas por aire, tierra y mar. La reivindicación territorial argentina fue sostenida sin solución de continuidad, aunque con distinto énfasis, desde 1833. Siglo y medio después el gobierno militar quiso forzar al Reino Unido con esa invasión a negociar la cesión de soberanía, arbitrada por las Naciones Unidas, pero ambas partes escalaron a un conflicto armado. (Como en toda guerra, los agentes y las causas de dicha escalada son por demás complejos y exceden los objetivos de este artículo.) Aunque el gobierno militar, presidido desde 1981 por Leopoldo Galtieri, era sumamente impopular debido a su cruenta represión ilegal, al fracaso de su política económica y a su negativa a convocar a elecciones, en abril de 1982 recuperó, junto con las Malvinas e igual de fugazmente, el respaldo de la mayor parte de la población, de los partidos políticos, de los presos políticos y comunes, y de los exiliados y emigrados argentinos. La derrota militar desencadenó una veloz apertura que terminó, para fines de 1983, con la dictadura iniciada en 1976.

En la Argentina, la guerra tuvo varios efectos: relaciones diplomáticas interrumpidas o seriamente dañadas, particularmente con los Estados Unidos y Europa occidental; fracturas en las cadenas de mandos de las tres fuerzas armadas; 649 fallecidos o desaparecidos en combate, un número muy superior de heridos físicos y psíquicos, y miles de jóvenes que regresaban de su interludio militar a la vida civil. Por primera vez en el siglo XX algunos ciudadanos adquirieron el estatus de veteranos de guerra.

En su decisión de dar cuenta de la historia reciente, la herencia de la dictadura y el autoritarismo, las ciencias sociales y las humanidades en la Argentina de la inmediata posguerra orientaron su esfuerzo intelectual a comprender y denunciar la represión, los campos clandestinos de detención y los crímenes de lesa humanidad perpetrados por agentes estatales, así como a analizar la nueva estructura social argentina y la transición democrática con vistas a reconstruir un Estado sobre bases constitucionales duraderas.

En este panorama, una gran ausente fue la guerra de las Malvinas, de la que sí se ocuparon los expertos en cuestio-

¿DE QUÉ SE TRATA?

En qué sentido y con qué alcances tiene interés convertir a la guerra de las Malvinas en objeto de investigación académica.

Cenotafio de la plaza San Martín, ciudad de Buenos Aires. Wikimedia Commons

nes militares y relaciones internacionales, el periodismo y algunos protagonistas directos. La literatura sociológica y politológica tocó el tema de manera tangencial y como parte del bestiario dictatorial, sin un lugar específico que restituyera complejidad a un hecho histórico de magnitud tal que comprometió a todos los argentinos dentro y fuera del país, independientemente de su apoyo a la causa de soberanía y de su posición político-ideológica.

En otras palabras, la guerra de Malvinas, más que un objeto de investigación, fue para los científicos sociales argentinos una muestra más, extendida al territorio insular, de la acción de la dictadura, un episodio oscuro e insondable, cuya adjetivación como hecho irracional –'la guerra absurda', 'la aventura del general borracho', 'un manotazo de ahogado', etcétera– transformó a sus protagonistas argentinos en seres exóticos y distorsionados. Se habló de oficiales y suboficiales que torturaban a sus soldados, de pobres soldaditos de dieciocho años librados a su suerte frente al profesional inglés y a la sanguinaria fuerza mercenaria nepalí. La distinción analítica de historiadores, politólogos y periodistas entre reclutas civiles y profesionales militares vino a ratificar la oposición cívico-militar que dominó la escena política en los años de la transición democrática, y desconoció la especificidad de esta guerra como hecho social.

Si bien es cierto que el conflicto bélico fue acometido por el mismo régimen que aplicó el terrorismo estatal, no lo es menos que una guerra se realiza en varios niveles y dimensiones, y no se reduce a los estados mayores ni a la primera línea de los ministerios. En este sentido, la de la Malvinas tuvo, por lo menos, tres particularidades: se realizó contra una potencia mundial de primer orden; se combatió esgrimiendo la defensa de una causa

Comodoro Rivadavia, Chubut.

de larga trayectoria histórica y plena vitalidad popular, y comprendió una nutrida presencia civil uniformada. Estas tres características pueden ser leídas de modo distinto del habitual.

La dictadura despertó el apoyo masivo y entusiasta de la población porque decía encarar la solución de una causa nacional gestada durante largas décadas de reclamos diplomáticos en nombre de la soberanía argentina. De ella participaron Domingo Faustino Sarmiento, José Hernández, Paul Groussac, el socialista Alfredo Palacios, el comunista Atahualpa Yupanqui, los nacionalistas Julio y Rodolfo Irazusta, y el aún no montonero Dardo Cabo, personalidades demasiado significativas para limitar el respaldo de la sociedad y los partidos políticos argentinos a una mera manipulación nacionalista.

La figura del ex combatiente es la primera y quizá la única que mereció cierta atención académica. Quienes logran superar la mirada compasiva –justificada por tratarse genéricamente de humanos en situación bélica– no siempre avanzan hacia otras preguntas acerca de cómo la guerra y su conscripción resignificaron sus vidas cuando los enfrentó al enemigo externo en el mismo bando que los militares profesionales argentinos. También resta investigar cómo los soldados vincularon su experiencia individual y colectiva en el teatro de operaciones con su transformación en actores políticos de la posguerra, dueños de un exclusivo capital moral –la veteranía militar asentada sobre su condición civil y, por ende, relativamente incontaminada por la incompetencia militar–. Finalmente, merecería estudiarse en forma cualitativa y cuantitativa el fenómeno de los suicidios de los soldados que regresaron, un mal que estos denuncian como su respuesta a la falta de reconocimiento social.

El desempeño del personal militar, tanto oficiales como suboficiales, fue analizado por historiadores militares y por protagonistas, y apenas rozado por los científicos sociales. Disponemos de una nutrida casuística experiencial en forma de testimonios personales y de informes castrenses, difundida por el periodismo tras cada 2 de abril. Dado que la guerra es el fin para el que un Estado crea, sostiene, financia, entrena y reproduce a sus fuerzas armadas, y dado también que las argentinas, como las de otros países latinoamericanos, aplicaron desde la década de 1960 la doctrina de la seguridad nacional o interna, la guerra de las Malvinas constituye una novedad para los científicos sociales, como lo fue en su momento para los mismos militares. Por este y otros motivos, los efectos políticos y organizativos de la guerra en la estructura interna de las fuerzas armadas aguardan un profundo análisis, que incluya la perspectiva de sus integrantes.

Quequén, provincia de Buenos Aires.

Ushuaia, Tierra del Fuego.

La de las Malvinas, como todas las guerras, fue un escenario al que asistieron espectadores interesados, entre ellos, los gobiernos de otras naciones y los fabricantes de armamento y de material logístico. Cada cual sacó sus conclusiones sobre la base de los informes de los especialistas. Por su parte, el Estado que condujo a la guerra no la estudió ni promovió su análisis, con una excepción: el informe que encomendó al general retirado

LAS MALVINAS ANTES DE 1833

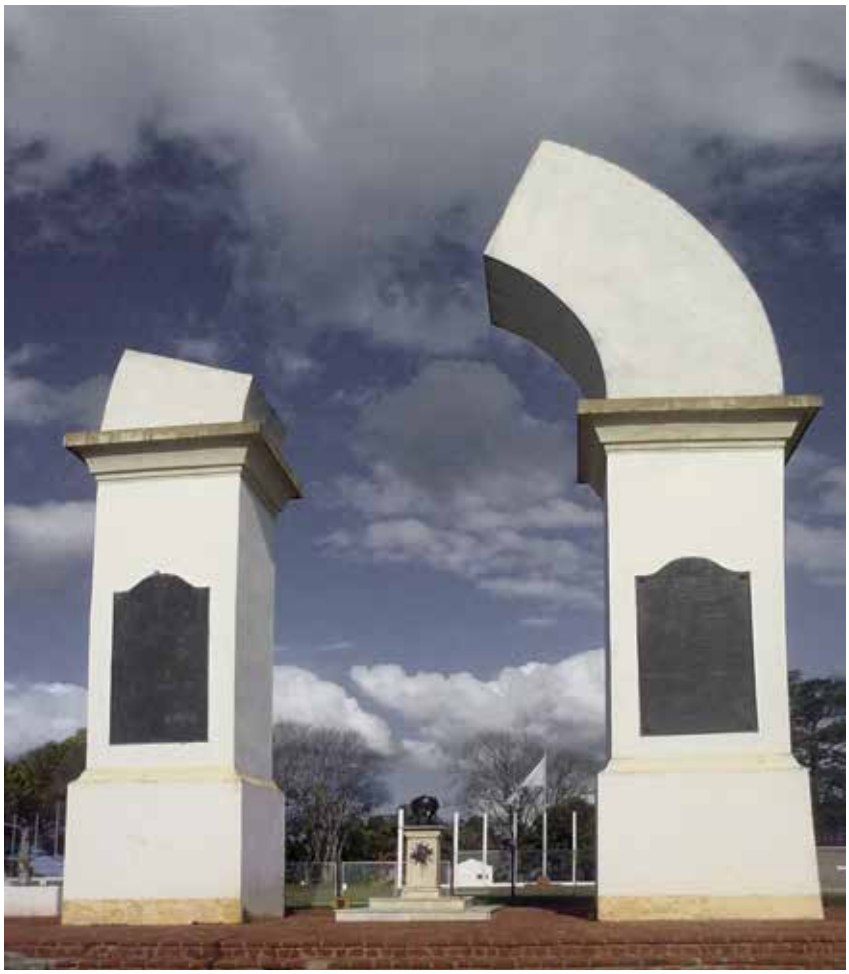
Desde el siglo XVI el archipiélago malvinense fue avistado y explorado por navegantes europeos en busca de puertos naturales para reparación y abastecimiento de las misiones comerciales a las Indias Orientales. Su primer colonizador, Louis de Bougainville, fundó Port Saint Louis en 1764, en nombre de Luis XV de Francia. En 1765 John Byron fundó Port Egmont en nombre de Jorge III de Inglaterra. Por un pacto entre imperios, Luis XV entregó las Îles Malouines a Carlos III de España en 1767, y en 1769 Francisco de Paula Bucarelli, gobernador de Buenos Aires, envió una misión militar para expulsar a una decena de británicos de Port Egmont.

Diecinueve españoles gobernaron las Malvinas hasta 1810, cuando la junta realista refugiada en Montevideo decidió evacuarlas. En 1820 David Jewitt, a órdenes de la Marina rioplatense, tomó posesión de las islas para controlar a cazadores furtivos norteamericanos e ingleses de lobos marinos, ballenas y pingüinos. En 1829 el gobernador porteño designó como comandante político-militar de las islas a Luis Vernet, comerciante franco-hamburgués radicado en Buenos Aires. Los conflictos por el control de las islas se agudizaron hasta que la corbeta inglesa *Clío* tomó Port Louis e izó la bandera británica el 3 de enero de 1833. Desde entonces, la Argentina reclamó su soberanía sobre las islas Malvinas, que en 1960 las Naciones Unidas declaró 'territorio pendiente de descolonización'.

Benjamín Rattenbach, quien tuvo a su cargo la Comisión de Análisis y Evaluación de las Responsabilidades Políticas y Estratégico-Militares en el Conflicto del Atlántico Sur. El informe se mantuvo en reserva, aunque por filtraciones llegó a la prensa. En 2012 fue dado a conocer, incluso con las declaraciones de todos los entrevistados.

Hasta hoy, sin embargo, el Informe Rattenbach no se utiliza para estudiar la guerra, aunque algunos científicos sociales buscan en sus páginas información para identificar responsables de malos tratos a los soldados y otras faltas que, por exceder el nivel político-estratégico que le es propio, el documento no les proveerá. En cambio, podrían extraer de él material sobre la relación entre las fuerzas, sus unidades y sus jefaturas, sobre los procesos decisorios político-estratégicos, y sobre la concepción que tenían los comandantes del escenario internacional y de sus efectos en la dinámica del conflicto.

La diversidad de desempeños, aun dentro de cada fuerza y de cada unidad, es conocida por sus protagonistas directos y por los estudiosos de la cuestión militar, generalmente estrategas y soldados retirados. Pero esos análisis no son empleados por las ciencias sociales ni tampoco, llamativamente, en los programas de estudio de la mayoría de los institutos de formación de las mismas fuerzas armadas. Que la guerra de las Malvinas haya permanecido en el anecdotario de quienes la vivieron en vez de constituirse en objeto de investigación y enseñanza es, por lo tanto, una responsabilidad compartida por las conducciones castrenses, los científicos sociales y las agencias oficiales dedicadas a la educación y la defensa.



Yapeyú, Corrientes.

Las guerras suelen ser canteras inagotables de conocimientos sobre el desarrollo y la aplicación de tecnología, tema sobre el que las fuerzas armadas tienen sus especialistas. Aunque en la actualidad la producción argentina para la defensa es casi inexistente, su relevancia ocupó al Estado durante casi todo el siglo XX, en buena medida porque sus desarrollos no eran solo de uso militar. La guerra de las Malvinas demostró errores, pero también grandes aciertos, resultantes del profesionalismo y la capacidad de improvisar, en su mejor sentido, con efectos letales para un enemigo largamente entrenado y equipado.

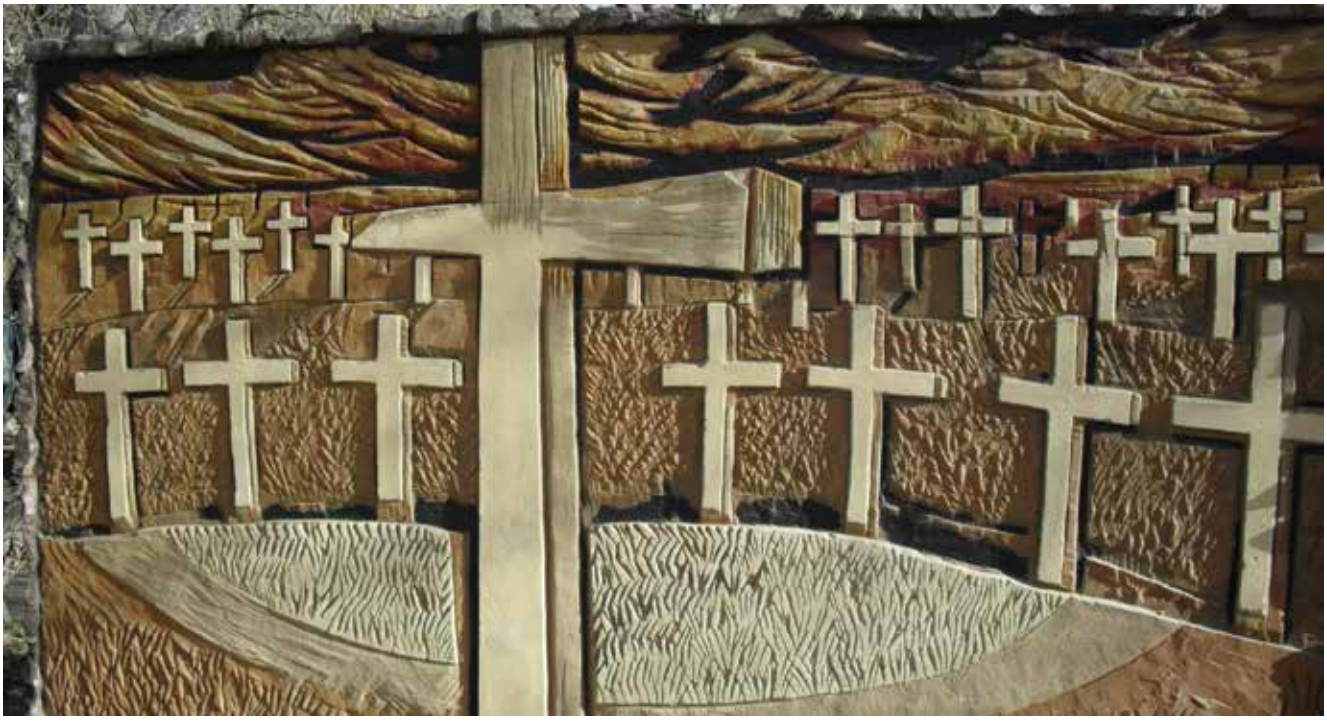
El éxito de las campañas militares se mide no solo por el logro del objetivo principal sino también por el esfuerzo empeñado. La Argentina perdió las islas; su estado mayor cometió gruesos errores políticos y estratégicos; las fuerzas armadas operaron solo a veces de manera conjunta; los soldados que combatieron en el medio terrestre constituían una nutrida tropa de jóvenes no profesionales. Pero pese a la brecha tecnológica, Gran Bretaña perdió 372 vidas, 8 fragatas misilísticas, 3 buques logísticos hundidos o inutilizables en el corto plazo, 10 aviones de combate y 24 helicópteros. Sin desconocer el enorme costo argentino (además de las pérdidas humanas, 98 medios aéreos, 12 helicópteros, 11 naves), la perspectiva de las jefaturas políticas y militares británicas se resume en el título del libro del primer jefe de las fuerzas terrestres, general Julian Thompson (*No picnic*, Pen & Sword Books, 1985), que habla de una campaña cruenta y esforzada para ambas partes. Testigos de su reconocimiento son los encuentros privados y públicos en la posguerra entre combatientes de ambos bandos.

Descalificar de manera simplista con el mote de absurda a esta experiencia bélica nacional destierra al sinsentido y, por eso, al aislamiento histórico, social e incluso castrense a sus protagonistas, profesionales y conscriptos; también ignora sus esfuerzos, el de sus familias y el de sus círculos de sociabilidad, a quienes la guerra de las Malvinas les transformó la vida para siempre. Esto excede los efectos psíquicos y somáticos del llamado estrés postraumático (*post-traumatic stress disorder*), que comenzó a ser atendido en forma tardía y asistemática por el sistema de salud civil y militar. Abordar la guerra de las Malvinas como objeto de estudio significaría aprender todas las lecciones que puedan extraerse de ella, tan absurda como la mayoría de las guerras, pero tan cultural, política y humana como todas.

Por último, los científicos sociales debemos analizar la incidencia política de la guerra de las Malvinas en el propio ámbito castrense. Haber cruzado a las islas y haberle visto la cara al enemigo en combates reales hizo que sus protagonistas plantearan la necesidad de redimensionar las rutinas militares, la formación de cadetes para la guerra contemporánea, y los sistemas de recompensa y castigo. Pero esta disposición no fue compartida por todas las jerarquías, algunas de ellas responsables de errores en los máximos niveles de decisión.

La guerra agrandó la brecha entre oficiales subalternos y medios, por un lado, y oficiales superiores por el otro, y entre oficiales y suboficiales. La cadena de mandos se resintió en algunos casos, y se reforzó en otros, según la autoridad moral de cada militar independientemente de su rango. ¿Cómo recibiría un subalterno la orden de un superior que había eludido el combate? ¿Cómo toleraría un suboficial convivir con un joven oficial que lo reprendió por tener la barba crecida tras regresar de una difícil y exitosa incursión en las filas enemigas? Finalizada la contienda, estas divisiones afectaron la política nacional y las agendas de la defensa, y se superpusieron a las causas legales pendientes por violación de derechos humanos. Pero la dirigencia política apenas pudo distinguir entre crímenes de lesa humanidad en el plano interno y errores político-estratégicos en el conflicto internacional, y se vio maniobrando sobre la marcha entre los planteos militares de cuatro sublevaciones

Puerto San Julián, Santa Cruz.



acaecidas entre 1987 y 1990 y la presión de la ciudadanía en las calles, encabezada por las organizaciones humanitarias. Así, militares y civiles combatientes quedaron atrapados en una transición política en la que su experiencia bélica quedó repentinamente devaluada.

¿Vale la pena, entonces, estudiar la guerra de las Malvinas? La pregunta sugiere una articulación interesante entre el valor y la pena. Malvinas fue una guerra breve y contundente; suele decirse que fue la última guerra clásica entre contendientes directos y presenciales. Para muchos, continúa sigue siendo un ardid político del peor gobierno nacional, una 'guerrita' que la Argentina perdió, una guerra de poca monta que vino a probar la falta de valor de sus oficiales y la escasa utilidad militar de sus soldados. Aunque cada una de estas afirmaciones sea desmentida por sus protagonistas, todavía vivientes, y también por los hechos, cabe preguntarse si el valor de una guerra debe medirse por sus costos humanos y materiales y por su incidencia en el proceso político o también, y más importante, por cuánto una nación puede verse en esa configuración sociocultural en que la vida se bate cuerpo a cuerpo con la muerte.

He aquí la pena: el dolor de lo irreparable, el esfuerzo por seguir adelante de quienes pudieron regresar, y la dedicación de los que, sin saber cómo, fueron a recibirlos y los acompañaron desde entonces. He aquí la pieza faltante, el corazón de una labor que las ciencias sociales nos debemos todavía: desandar estos procesos, reconstruir humanidades sociales y culturales –y por eso no exóticas–, restituir una comprensión que se aleje de la caricaturesca, la heroica, la maldita y la victimizada, y se acerque a seres de carne y hueso que combinaron la decisión y la trayectoria de trabajo y de vida con el imperio de las situaciones y la orden inapelable del Estado. En alguna medida lo que hemos hecho todos los argentinos. CH

Rosana Guber

Doctora (PhD) en antropología social, Johns Hopkins University.
Investigadora principal del Conicet en el Instituto de Desarrollo Económico y Social (IDES).

LECTURAS SUGERIDAS

GUBER R, 2001, *¿Por qué Malvinas? De la causa justa a la guerra absurda*, Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.

GUBER R, 2016, *Experiencia de Halcón. Los A-4B en Malvinas*, Sudamericana, Buenos Aires.

LORENZ F, 2006, *Las guerras por Malvinas. 1982-2012,* Edhasa, Buenos Aires.

NOVARO M y PALERMO V, 2006, *La dictadura militar 1976-1983. Del golpe de Estado a la restauración democrática*, Paidós, Buenos Aires.

Luis Fernández
Fundación Miguel Lillo, Conicet

Julieta Andreoli Bize
Universidad Nacional de Catamarca

Hugo Luis López
Museo de La Plata

Peces subterráneos de Sudamérica

Los ambientes subterráneos son extremos, es decir, tienen condiciones que hacen difícil la supervivencia de la mayoría de las formas de vida. La primera de esas condiciones adversas es la falta de luz solar y la consecuente ausencia de la posibilidad de fotosíntesis y de organismos productores primarios. Ello limita la alimentación disponible en la base de la cadena trófica, por lo que la comida tiende a reducirse a los restos de animales muertos y a lo que de alguna forma llega de la superficie, por ejemplo, deposiciones de murciélago.

La mayoría de los animales que habitan en forma permanente bajo tierra presentan modificaciones especiales, como despigmentación y reducción de ojos, e integran comunidades con muy baja diversidad de especies, por lo general, no más de cuatro o cinco, con escasos vertebrados. Si bien la ciencia moderna describió por primera vez un pez subterráneo en 1842, hallado en los Estados Unidos en cavernas de los estados de Indiana y Kentucky (*Amblyopsis spelaea*), solo a partir de la década de 1980 se han venido realizando investigaciones regulares sobre esos peces en países como Francia, Eslovenia, Brasil, los Estados Unidos y Australia, y hoy se comienzan a entender algunas de sus características, entre ellas, que abundan las especies encontradas en exclusividad en determinadas regiones y hasta ciertas cavernas (denominadas especies *endémicas*), y que, habiéndose adaptado a un medio escaso en alimentos y en oxígeno, los peces subterráneos se han hecho muy eficientes en cuanto a obtención y gasto de energía, por ejemplo, con un lento metabolismo, el cual les da una vida más larga que sus homólogos de la superficie terrestre (o *epigeos*).

Mundialmente se han relevado unas 170 especies de peces estrictamente subterráneos. Se los ha encontrado en todos los continentes salvo la Antártida, aunque

¿DE QUÉ SE TRATA?

En el mundo acuático subterráneo, en todos los continentes menos la Antártida, se ha descubierto que viven peces, en ríos, lagunas y, notablemente, en las capas freáticas o acuíferos. En Sudamérica solo se sabe hoy de un puñado de especies, una encontrada hace poco en Salta.

Phreatobius cisternarum, un pequeño bagre de vida acuática exclusivamente subterránea descubierto en 1903 en el estado de Pará, cerca de la desembocadura del Amazonas. La fotografía superior muestra ejemplares capturados en pozos artesianos en un acuario. La imagen inferior es de un ejemplar juvenil. Las barras que dan la escala miden 1cm. Fotos Museo de Zoología, Universidad de São Paulo.

Vistas lateral, dorsal y ventral (de arriba abajo) tomadas en laboratorio del pequeño bagre subterráneo *Phreatobius dracunculus*, descubierto en 2005 en el estado de Rondônia, en el sudoeste de la cuenca amazónica del Brasil. La barra que da la escala mide 2cm. Foto LM Sousa

en números muy distintos. En Sudamérica se han descubierto hasta el momento unas 36 especies subterráneas que habitan en su mayoría en cavernas, 4 lo hacen en acuíferos y una quinta citada en la literatura, tanto en freáticos como en cavernas. Todas exhiben notables especializaciones morfológicas. En adición, hay numerosos peces que pasan parte de su tiempo en aguas de cavernas o enterrados en la arena, pero sus especies no son estrictamente subterráneas, si bien muestran algunas especializaciones morfológicas. Entre otras razones, tan escaso conocimiento de las especies sudamericanas enteramente subterráneas se debe a que el acceso a las aguas en que viven para tomar muestras biológicas es difícil, sobre todo si se trata de peces que habitan los freáticos, pues solo es posible acceder a estos capturándolos en los pozos artificiales de diferente profundidad de los que se extrae agua para consumo humano, en los cuales frecuentemente son succionados por las bombas y, en consecuencia, se recogen deteriorados. En años recientes se acrecentaron las investigaciones y se puede esperar que ese exiguo número de descubrimientos se incremente, y que se aprenda más sobre la biología de las especies freáticas hoy conocidas, de la que se sabe bastante poco.

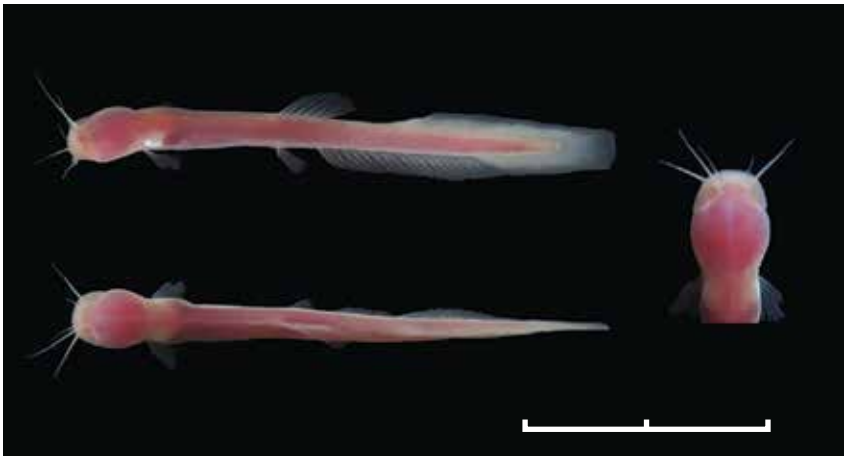
El primer descubrimiento de un pez sudamericano enteramente subterráneo data de 1903 y tuvo lugar en el área de la desembocadura del Amazonas. La especie fue descripta por el zoólogo suizo-brasileño Emil Goeldi (1859-1917) en 1905. Se trata de un diminuto bagre (inglés: *catfish*) de entre 3 y 5cm de largo que recibió el nombre científico de *Phreatobius cisternarum* y vive en aguas freáticas superficiales cálidas y ácidas (la raíz griega *phreat-* indica pozo o fuente). Llamativamente, su cabeza y su cuerpo tienen un color rojizo causado por la circulación sanguínea superficial. Alrededor de un siglo después, también en la cuenca amazónica brasileña, pero a una distancia de unos 1900km al sudoeste del hallazgo de 1905, se descubrió otro pequeño bagre subterráneo que se asignó al mismo género y recibió el nombre *Phreatobius dracunculus*; tiene similar tamaño que el anterior, suave color rosado y carece de ojos. Y contemporáneamente con este descubrimiento tuvo lugar un tercero también en la cuenca amazónica, de un pez de parecidas características, desprovisto de ojos, encontrado en el área del río Iténez o Guaporé, en el departamento boliviano de Santa Cruz, que recibió el nombre *Phreatobius sanguijuela*, por tener una apariencia que puede confundirse con ese invertebrado. Uno de los autores de esta nota lo describió en colaboración con colegas bolivianos y del American Museum of Natural History.

También en el Brasil, se había colectado en 1962 un ejemplar de una especie (*Stygichthys typhlops*) que vive en cavernas en el norte del estado de Minas Gerais, la que fue redescubierta y redescripta en 2004 por Cristiano

Moreira, de la Universidad de São Paulo. Como otros peces que habitan cavernas, carece de pigmentación y de ojos.

En la Argentina, el primer hallazgo de peces en esos ambientes ocurrió en 2001, en las afueras de la ciudad de Salta, a 1300m de altura sobre el nivel del mar. Fue descubierto en 2001 por uno de los autores de esta nota, quien encontró nueve ejemplares de la especie y la describió en 2005 en un artículo publicado con el biólogo brasileño Mario Cardoso de Pinna, de la Universidad de São Paulo, que se cita entre las lecturas sugeridas. El pez recibió el nombre *Silvinichthys bortayro* (en reconocimiento de la ayuda de la familia Bortay, dueña de los pozos) y solo se lo ha encontrado hasta la fecha en la provincia de Salta. Constituye un buen ejemplo de organismo especializado para la vida acuática en napas freáticas. A las características habituales de las especies de cavernas, como ojos reducidos, escasos pigmentos, largas barbillas sensoriales y tejido adiposo muy abundante, especialmente en el pedúnculo caudal y en la base de las aletas dorsal y anal, en este pez se agregan otras que le permiten moverse en espacios intersticiales reducidos compartidos con otras especies que viven enterradas: reducción de los canales y poros sensoriales de la cabeza, ausencia de cintura pélvica, y aletas pectorales pequeñas y ocasionalmente ausentes. Por el momento, es el pez subterráneo sudamericano encontrado a mayores altitud, latitud sur y longitud oeste.

A diferencia de otros peces subterráneos, del último se conocen parientes del mismo género que no pertenecen a la ictiofauna estrictamente subterránea, cuyos ejemplares no presentan tantas modificaciones morfológicas útiles en ambientes de acuíferos, donde escasea el alimento, falta la luz y los espacios para moverse son reducidos. Entre esas especies genealógicamente (o, con más precisión, *filogenéticamente*) cercanas que habitan aguas superficiales se cuenta una con cintura y aleta pélvica acortada que habita a más de 1000km de distancia en Mendoza (*S. mendozensis*), igual que varias otras que habitan en San Juan y La Rioja, que también comparten dichas modificaciones modera-



Vistas lateral (arriba) y dorsal y detalle ampliado de la cabeza tomadas en laboratorio del pequeño bagre subterráneo *Phreatobius sanguijuela*, descubierto en 2005 en el departamento de Santa Cruz, en el área del río Iténez o Guaporé de la Amazonia boliviana. La barra que da la escala de las dos imágenes de la izquierda mide 2cm. Imagen publicada por Ohara *et al.* en el *Journal of Fish Biology*, 2016, citado en las lecturas sugeridas.

Dos ejemplares del bagre subterráneo *Silvinichthys bortayro*, descubierto en 2001 en napas freáticas de la periferia de la ciudad de Salta. El mayor mide unos 3cm de largo. En el ángulo inferior izquierdo asoma un ejemplar juvenil de la especie de aguas superficiales *Trichomycterus spegazzinii*. Fotografía tomada en acuario, FACEN, UN Catamarca.

Vistas lateral (arriba) y ventral del bagre subterráneo *Silvinichtys bortayro.* Fotografías tomadas en acuario, FACEN, UN Catamarca.

Peces freáticos de Sudamérica

Orden y especie	Descubierta en	Año	Altitud (m)
Characiformes			
*Stygichthys typhlops**	Minas Gerais, Brasil	1962	450
Siluriformes			
Phreatobius cisternarum	Pará, Brasil	1903	10
Phreatobius dracunculus	Rondônia, Brasil	2005	130
Phreatobius sanguijuela	Santa Cruz, Bolivia	2005	170
Silvinichthys bortayro	Salta, Argentina	2001	1250

* También aparece citado en la literatura como pez de cavernas.

das y exhiben tendencia a enterrarse en forma temporaria. Esto da la posibilidad de comparar los cambios que sufrió *S. bortayro* en su especialización por las características del ambiente en que vive.

Además de los estudios morfológicos, la evidencia molecular que se obtuvo por la secuenciación de genes mitocondriales (12S, 16S, ND4) y nucleares (H3) de *S. bortayro* demuestra el mencionado parentesco con las especies superficiales del mismo género *Silvinichthys*, y también con especies de otro grupo pertenecientes al género *Trichomycterus* que habitan en el oeste y noroeste de la Argentina.

El estudio de los peces de ambientes extremos permite reconstruir las modificaciones morfológicas, fisiológicas y etológicas que ocurrieron, por ejemplo, en el oeste y noroeste de la actual Argentina, en la sucesión de generaciones que van desde los ancestros que habitaban aguas superficiales de la cordillera hasta las actuales especies de aguas subterráneas. Al mismo tiempo, la supervivencia de estos linajes depende del grado de alteración que produzca en el ambiente en que viven el crecimiento demográfico y económico de la región. Este incluye crecientemente actividades como el turismo, la minería, la agricultura, la ganadería y la introducción de especies exóticas, por ejemplo, la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), que pueden –si no se ejercen cuidadosos controles– alterar gravemente el ambiente y afectar a las comunidades que viven en él. CH

Los autores agradecen la ayuda de Hugo Fernández, Mirna Hilal y del Instituto Biodiversidad Neotropical, Universidad Nacional de Tucumán-Conicet.

LECTURAS SUGERIDAS

FERNÁNDEZ L *et al.*, 2007, 'A new phreatic catfish of the genus *Phreatobius* Goeldi 1905 from groundwaters of the Iténez River', *Zootaxa*, 1626: 51-58.

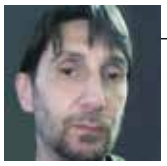
FERNÁNDEZ L & DE PINNA M, 2005, 'Phreatic Catfish of the Genus *Silvinichthys* from Southern South America', *Copeia*, 2005, 1: 100-108.

MURIEL-CUNHA J & DE PINNA M, 2005, 'New data on cistern catfish *Phreatobius sangujuela*', *Journal of fish biology*, doi: *10.1111/jfb.13037*.

OHARA W, DA COSTA ID & FONSECA ML, 2016, 'Behaviour, feeding habits and ecology of the blind catfish *Phreatobius cisternarum* from subterranean waters at the mouth of the Amazon river', *Papéis Avulsos de Zoologia*, 45, 26: 327-339.

PROUDLOVE GS, 2006, *Subterranean Fishes of the World*, International Society for Subterranean Biology, Moulis.

SHIBATTA OA, MURIEL-CUNHA J & DE PINNA M, 2007, 'A new subterranean species of *Phreatobius* from the South-western Amazon basin', *Papéis Avulsos de Zoologia*, 47, 17: 191-201.



Luis Fernández

Doctor en ciencias biológicas, UNT.
Investigador adjunto del Conicet en la Fundación Miguel Lillo, Tucumán.
Profesor asociado, Universidad Nacional de Catamarca.
luis1813@yahoo.com

Julieta Andreoli Bize

Profesora de ciencias biológicas, Universidad Nacional de Catamarca.
Auxiliar docente de la misma universidad.

Hugo Luis López

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Jefe de la División Zoología Vertebrados, Museo de La Plata.

CONICET: ciencia en tu vida

Detectan por primera vez imágenes de la fusión de dos estrellas de neutrones

La colaboración internacional de astrónomos, en la que participan científicos del CONICET, logró la imagen de la colisión de estas masas a 130 millones de años luz de la Tierra.

Por María Bocconi

Observación TOROS. Crédito: gentileza TOROS T80S.

La colaboración internacional TOROS (*Transient Optical Robotic Observatory of the South*), de la que participan científicos argentinos, logró la primera observación de la luz emitida por el choque de dos estrellas de neutrones, un evento que ocurrió con una cercanía a la Tierra de 130 millones de años luz. La observación fue mediante telescopios ubicados en Sudamérica: uno en la estación Astrofísica de Bosque Alegre, provincia de Córdoba, otro en el cerro Tololo, en Chile, y un tercero en el Cordón Macón, Provincia de Salta.

La colaboración TOROS está liderada por tres argentinos, Diego García Lambas, investigador superior del CONICET y director del Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE, CONICET-UNC), Lucas Macri, de la Universidad de Texas A&M y Mario Díaz, director del Centro de Astronomía de Ondas Gravitacionales de la Universidad de Texas del Valle del Río Grande, y formada por más de 30 científicos e ingenieros de EEUU, México, Brasil, Chile y Argentina.

Es la primera detección y observación simultánea del choque de dos estrellas de neutrones. LIGO [*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*] mediante tres detectores de ondas gravitacionales (dos en Estados Unidos y uno en Italia) observó, el 17 de agosto, la emisión estas ondas por la fusión de dos estrellas de neutrones. Mediante una triangulación por estas tres detecciones se pudo precisar una porción del universo de la cual provenían, con lo cual, cuentan los científicos, permitió circunscribir la búsqueda de la fuente a sólo 50 galaxias.

El telescopio Swope para el reconocimiento de Supernovas (SSS, por sus siglas en inglés) descubrió, pocas horas después de la alarma enviada por LIGO, una fuente óptica brillante adyacente a la galaxia NGC4993.

Con esta información y la precisión del origen del evento los instrumentales de TOROS lo siguieron y observaron con dos telescopios, uno en Chile T80S, en cerro Tololo, y otro en la estación Astrofísica de Bosque Alegre. El resultado fue publicado hoy en la Revista *The Astrophysical Journal Letters*. "Con estos dos telescopios conseguimos obtener imágenes y procesarlas para sacar conclusiones sobre el significado científico de este evento que no se había observado antes", explica Mario Díaz.

Además se siguió el evento con más de 60 telescopios en otras partes del mundo, lo que, confía Díaz, permite tener una visión mucho más integradora del fenómeno. "Es un evento cataclísmico, dramático, una estrella se rom-

Líderes de TOROS junto al presidente del CONICET. Foto: CONICET Fotografía.

pe alrededor de otra estrella, se mueve muy rápido la materia. Haber podido observarlo de este modo es el comienzo de un nuevo tipo de astronomía que se llama Astronomía de Mensajeros Múltiples. Desde ese punto de vista es un hecho histórico. En esta observación simultánea, la astronomía entra en una nueva etapa en la que trabaja no solo la gente que detecta ondas gravitacionales, sino toda la comunidad astronómica con distintos instrumentos de distintos tipos", confía Díaz.

La muerte de las estrellas

Cuando las estrellas más masivas terminan su vida, primero implotan y luego explotan, lo que se llama explosión de supernova. Lo que puede quedar después de esa explosión es un agujero negro o una estrella de neutrones que, cuenta Macri, ocurre cuando "el corazón de la estrella es comprimido por fuerzas tan grandes que los protones y los electrones se convierten en neutrones.Entonces queda una o dos veces la masa del Sol comprimida en un volumen como el de la ciudad de Buenos Aires. O sea una cucharadita de ese material pesa miles de millones de toneladas".

Las estrellas se forman en general en sistemas múltiples y la dinámica los conduce a sistemas binarios, cuando se forman las supernovas cada una deja corazones muertos que orbitan unos alrededor del otro y se van acercando hasta fusionarse en un solo objeto: esto genera las ondas gravitacionales y la emisión de radiación gamma y electromagnéticas. "En esta fusión es donde se espera que se forme la mayoría del oro, del platino, y todos los elementos pesados de la tabla periódica", explica Macri.

"Es el final de dos estrellas que giran alocadamente y producen una coalescencia, en este caso está por verse en qué se transformaron estas dos estrellas de neutrones", explica García Lambas y concluye: "El trabajo de Bosque Alegre consistió en un análisis de la fotometría de la estrella -decimos estrella porque luce como una estrella- 48 horas después de que se produjo la detección de LIGO y esto permitió calibrar cómo es el decaimiento lumínico que tiene este evento puesto que la luz debe salir de una opaca nube que rodea a este ex par de estrellas de neutrones, aportando información sobre la evolución de este tipo de estrella que llamamos kilonova".■

CONICET: ciencia en tu vida

Programa franco-argentino de seminarios en biocencias: "Una sola salud: desafíos y oportunidades de la metagenómica"

Fue organizado por el CONICET, la Embajada de Francia y el Instituto Pasteur de Montevideo. Participaron investigadores argentinos, uruguayos y franceses.

Con el fin de fortalecer una política científico-tecnológica de cooperación franco-argentina, el Instituto Francés de Argentina (IFA) de la Embajada de Francia organizó junto al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular, Dr. Héctor N Torres (INGEBI, CONICET-UBA) un seminario de metagenómica. A su vez, se sumó como anfitrión el Instituto Pasteur de Montevideo, el cual tiene una estrecha relación con el país galo ya que es fruto de un acuerdo entre el Gobierno Nacional Uruguayo, el Gobierno Francés y el Instituto Pasteur de París.

Este seminario realizado en el Centro Cultural de la Ciencia (C3) del Polo Científico Tecnológico, reunió a investigadores y especialistas argentinos, uruguayos y franceses para dialogar sobre metagenómica, frontera del conocimiento orientada a proponer soluciones para el ambiente y la salud, por ejemplo, bio-salud, bioinformática, enfermedades no transmisibles, enfermedades infecciosas, etc. Esta actividad contó con el apoyo de SANOFI y de la Cooperación Regional Francesa para América del Sur.

Durante la apertura, Leonardo Erijman, investigador principal del CONICET en el INGEBI y curador científico del seminario, remarcó que los estudios en metagenómica requieren un trabajo interdisciplinario, y mencionó el desafío que es para los investigadores integrar saberes de distinto origen. Además, sostuvo que "a nivel local tenemos el desafío de no ser meros distribuidores de datos sino que tenemos la necesidad de generar capacidades propias para manejar el ramo de disciplinas y encarar problemas a una escala que sea relevante. Creemos que una jornada de esta naturaleza nos sirve para conocer algunas de las posibilidades del uso de herramientas metagenómicas y esperamos que resulte un disparador de nuevas ideas y de vínculos de distintos grupos de investigación".

Por su parte, Ricardo Ehrlich, presidente del Consejo de Administración del Instituto Pasteur de Montevideo, agradeció el apoyo del CONICET al desarrollo de la ciencia en Uruguay. "Fue un estímulo constante, le debe mucho al INGEBI y a quien fuera su director, Héctor Torres". En referencia a la metagenómica explicó que "surge como una potente herramienta que está derribando barreras entre disciplinas y generando un nuevo pensamiento científico y que se encuentra a la búsqueda de rupturas conceptuales. Actividades como estas son fundamentales para el avance de la ciencia".

En la apertura institucional, el doctor Alejandro Ceccatto, presidente del CONICET

remarcó la importancia del evento: "Este primer seminario vinculado a metagenómica y sus aplicaciones en salud y ambiente son un paso más para fortalecer la cooperación entre Francia y Argentina. Es un tema complejo que requiere aunar capacidades no solo con Francia sino también regionalmente con el Instituto Pasteur de Uruguay".

En este sentido, Yann Lorvo, director del Instituto Francés de Argentina, en representación del embajador de Francia en Argentina, Pierre Henri Guignard, destacó que el CONICET para Francia –y muchos otros países en el mundo– es un faro porque "a través de la comunidad de los investigadores tenemos talentos de nivel internacional y podemos imaginar una cooperación entre pares, y eso es algo estratégico y muy respetado en Francia". También adelantó que en breve habrá una convocatoria para que en 2018 un pasante argentino pueda realizar una estancia en el Instituto Pasteur de París.

"Una sola salud: desafíos y oportunidades de la metagenómica". Foto: CONICET Fotografía.

La metagenómica es un campo de estudio emergente que abre las puertas para explorar los genomas de comunidades enteras de microbios, sin la necesidad de aislarlos previamente. Esta tecnología se basa en la extracción, secuenciación y análisis de ADN microbiano extraído directamente de comunidades de muestras de diversos ambientes, como agua, suelo, tracto digestivo, etc., que permite obtener información no sólo de la estructura de la comunidad (riqueza de especies, diversidad y distribución) sino también de la función potencial de la comunidad. El seminario se organizó en torno a cuatro mesas temáticas: hábitats microbianos, microbiomas ambientales, microbioma humano y metagenómica y biotecnología.

Estuvieron presentes, la doctora Mirtha Flawiá, vicepresidenta de Asuntos Científicos del Consejo; Carlos Van Gelderen, miembro del Directorio del Consejo; Jorge Tezón, gerente de Desarrollo y Responsable del Área Internacional del CONICET; Eric Bourland, agregado para la ciencia y la tecnología del Instituto Francés de Argentina de la Embajada de Francia; y representantes del INGEBI, el Instituto Pasteur de Montevideo y el Instituto Pasteur de París. ■

CONICET: ciencia en tu vida

Programa Nacional Ciencia y Justicia - Carla Villalta: una mirada antropológica a la Justicia destinada a niños, adolescentes y familias

La investigadora, especialista en la temática, revisa la legislación y las prácticas de ese ámbito.

Por Cintia Kemelmajer

¿Cómo actúa la Justicia cuando están en juego cuestiones emocionales y sentimientos? Lejos de la letra fría de la ley, ¿cómo lidian las leyes? ¿Qué sucede cuando no se tratan cuestiones patrimoniales o de derecho privado? La Dra. Carla Villalta, doctora por la Universidad de Buenos Aires (UBA), investigadora adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y flamante incorporación del Programa Nacional Ciencia y Justicia, analiza desde la antropología las prácticas de la Justicia de Menores y de Familia, y pone al servicio su investigación de hace años en el campo, para brindar una mirada de la legislación del pasado que permita mejorar las condiciones normativas actuales de acuerdo a un enfoque de derechos humanos.

Porque la Justicia destinada a niños/as y familias es intrínsecamente compleja por sí misma: se dedica a resolver cuestiones del orden afectivo, como cuál de los padres debe vivir con el niño o niña, cómo se desempeñan las actividades de cuidado, el ré-

gimen de visitas, condiciones de adopción o vinculación con la familia biológica. Paradójicamente, sobre esas decisiones, hasta hace pocos años, los niños no tenían voz propia: eran los adultos –padres, magistrados, otros funcionarios- los que decidían por ellos. Recién en 2005, con la sanción de una ley de protección integral de los derechos de niños, niñas y adolescentes -que incorporó los lineamientos de la Convención de los Derechos del Niño- se instauró, por ejemplo, el derecho de los menores de edad a tener un abogado propio. Así, los niños comenzaron a ser vistos en el ámbito judicial como figuras independientes de sus padres, con voz propia y con opiniones válidas y dignas de ser escuchadas. Sin embargo, fue recién en 2015 con la sanción del nuevo Código Civil y Comercial de la Nación que los niños y niñas dejaron de ser conceptualizados como "incapaces". "De hecho, explica Villalta, hasta 2015 los niños menores de 14 años formalmente se consideraban "incapaces absolutos"; y los de 14 a 18 años, "incapaces relativos": eso decía el Código Civil sancionado en 1869. Ello implicó que tradicionalmente, los niños, niñas y adolescentes no gozaran de un estatuto propio dentro de los tribunales, y "eran vistos como un apéndice de sus padres o bien como seres inferiores que no podían decidir nada por sí mismos".

Claro que de la aplicación a la adecuación hubo y sigue habiendo un largo trecho: a doce años de su implementación, la figura del abogado del niño "es bastante conocida en términos abstractos, pero todavía poco usada en términos prácticos", explica Villalta, que analizó, por ejemplo, las modalidades que adoptó y las tensiones que generó la instrumentación de la figura del abogado del niño en su paper *Cuando lo privado se hace público: el abogado de familia del niño en la Justicia de Familia*. Sus conclusiones se desprenden después de haber co-dirigido una investigación a partir de la cual se relevaron y analizaron expedientes judiciales y se mantuvieron una gran cantidad de charlas y entrevistas con actores de la justicia. Ese es uno de los estudios que pone a disposición de la Justicia del fuero, para conocer las dificultades y persistencias con las que se enfrenta un enfoque de derechos humanos en este ámbito. Una mirada científica que permite revisar la legislación, y fundamentalmente las condiciones sociales y materiales que hacen o no posibles distintas transformaciones.

Carla Villalta. Foto: CONICET Fotografía.

Los inicios de la especialización

El camino de Villalta dentro de la antropología, hasta convertirse en especialista en temáticas relativas a las formas de administración judicial de niños y familias, fue directo: cuando aún era estudiante de grado se insertó en el Equipo de antropología política y jurídica de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires y, al mismo tiempo, comenzó a trabajar en un organismo público de la Ciudad de Buenos Aires que brindaba patrocinio jurídico gratuito a niños, niñas y adolescentes.

Su tesis de licenciatura, entonces, se enfocó en la justicia de menores: concretamente en las prácticas que rodeaban la aplicación de la Ley de Patronato de Menores, sancionada en 1919 y que instauraba la tutela estatal. A la tesis de licenciatura siguieron, lógicamente, otras. En la investigación de doctorado, abordó las condiciones sociales de posibilidad de la apropiación criminal de niños durante la dictadura, entendiéndola como un "evento crítico" cuya potencia dislocó valores y prácticas usuales en relación con la infancia. Lo que analizó fue cómo las categorías jurídicas preexistentes a la dictadura –como las de la Ley de Patronato, por ejemplo-, coadyuvaron y fueron puntos de anclaje para posibilitar esa apropiación criminal. A ello le siguieron nuevas líneas de investigación para conocer cómo se tramitan actualmente las adopciones de niños. Ahora, Villalta estudia los debates emergentes surgidos en el campo a partir de la implementación de un enfoque de derechos en la justicia destinada a niños/as y familias, y los efectos materiales, sociales e institucionales producidos por la puesta en vigencia de las nuevas legislaciones sancionadas en los últimos años

Siempre con la mira puesta en los dispositivos jurídico-burocráticos de intervención sobre la infancia y sus familias, ahora desde el Programa Nacional Ciencia y Justicia, Villalta señala que su objetivo es también "entablar un diálogo entre la antropología y el derecho, a través de pericias y asesorías, desde ya en casos concretos, pero también un diálogo más allá de lo meramente instrumental, para que la Justicia se pueda pensar a sí misma, revisar sus prácticas, y ponerse en perspectiva. Éste es también un desafío para lograr la plena vigencia de un enfoque de derechos humanos". ■

Julieta Quirós
Instituto de Antropología de Córdoba
(IDACOR), UNC-Conicet

Política y sectores populares

La investigación social ante una relación siempre vidriosa

Una de las particularidades de la investigación en ciencias sociales es que los fenómenos a estudiar suelen estar imbricados con las imágenes y las ideas que la sociedad se hace de ellos. La vida social elabora permanentemente preguntas, explicaciones y juicios sobre sus hechos, protagonistas y problemas. Esas preguntas y sus respuestas forman parte ineludible del objeto de investigación.

Como antropóloga interesada en comprender los modos contemporáneos de participación política de las clases populares argentinas, parte de mi universo de interrogación está dado por las controversias sociales de las que suelen ser objeto las prácticas políticas de quienes habitan las grandes periferias urbanas, como el Gran Buenos Aires. En las últimas dos décadas, ese territorio se constituyó en ícono de la política bajo sospecha: la del clientelismo, la compra de votos y el uso electoral de la pobreza.

En las arenas públicas, estas últimas expresiones suelen emplearse para denunciar modos de acción política basados en estímulos materiales, una concepción de la política popular que denominaremos *economicista*, y que se contrapone a otra, que llamaremos *moralista*, consistente en la acción política fundada en el compromiso y la convicción ideológica. La oposición entre el economicismo y el moralismo encuadra las respuestas a la pregunta sobre por qué la gente actúa políticamente como lo hace; en torno a esa pregunta se organiza el debate social acerca de las formas legítimas e ilegítimas de participación popular tanto en lo que se refiere a la *representación* –por qué esa gente vota lo que vota– como

¿DE QUÉ SE TRATA?

Formas y razones de la actividad política entre los habitantes de barrios pobres de las grandes aglomeraciones urbanas.

a la *movilización* –por qué la gente toma parte de actos, marchas, ocupación de predios o piquetes–.

Las razones economicistas –van para conseguir un plan– y moralistas –van por su compromiso con una causa– son los términos polares de una respuesta social y políticamente disputada. En momentos de efervescencia política, como los vividos en la Argentina los últimos años, la competencia entre estas concepciones se exacerba: los análisis mediáticos de las numerosas marchas y contramarchas que se realizan en el espacio público procuran explicar no solo la magnitud de las movilizaciones sino, también, evaluar en cada caso –a modo de justificación o de denuncia– quiénes y cómo participan en ellas.

La lógica dicotómica que asumen esas controversias perturba el análisis científico porque no permite dar cuenta de la naturaleza sustancialmente impura o híbrida de los hechos sociales. Moralismo y economicismo escinden dimensiones de acción y motivación que en los hechos coexisten en forma simultánea. Para la mirada sociológica o antropológica, la identificación de un interés individual en una acción política no la convierte en algo puramente interesado. Un interés no anula ni contamina la existencia simultánea de móviles desinteresados. Además, es difícil establecer una jerarquía entre ambos órdenes de motivación y solo es posible determinar empíricamente su peso relativo en casos concretos.

Tal determinación encuadra centralmente en el tipo de conocimiento que produce la antropología, entre cuyos métodos se cuenta el etnográfico, que consiste en la inmersión del investigador en el discurrir cotidiano de los procesos sociales estudiados y sus relaciones. Así, mediante la observación participante se puede ir más allá de lo que las personas dicen sobre su actividad política y apreciar los cursos concretos de acción e interacción que constituyen su forma de vivir y practicar la política. He aquí la materia prima de nuestro trabajo.

Del clientelismo a la negociación

La crítica economicista supone que la actividad política de las clases subalternas descansa en un tipo particular de transacción: el intercambio de adhesión política por lo que el sociohistoriador Michel Offerlé, profesor de la École normale supérieure de París, llama *bienes particularistas divisibles*, los cuales en el contexto argentino abarcan desde empleos públicos y programas de distribución de renta hasta objetos esgrimidos por versiones caricaturescas del economicismo, como colchones o choripanes. En el debate público, es común atribuir esos intercambios a falta de cultura política. Este retrato, ampliamente arraigado en el sentido común lego y académico, deja fuera un hecho social fundamental: las formas de hacer política están bajo permanente interrogación y monitoreo no solo por actores externos sino por sus propios protagonistas.

El trabajo de campo en barrios periféricos del sur del Gran Buenos Aires muchas veces me colocó ante situaciones en las que mis interlocutores –vecinos, referentes o punteros partidarios, dirigentes y militantes de organizaciones piqueteras o barriales, empleados y funcionarios gubernamentales de distintos niveles– confrontaban opiniones, juicios, aprobaciones y reprobaciones de acciones políticas propias y ajenas. Fui descubriendo que estas interacciones, las más de las veces con la apariencia de conflictos interpersonales, constituían controversias por las que disputaban y definían cotidianamente formas apropiadas e inapropiadas de hacer política y, en definitiva, las posibilidades de la política en cuanto tal.

Observar las interacciones cotidianas entre vecinos y referentes del peronismo bonaerense equivale a seguir de cerca cómo unos y otros negocian sus compromisos recíprocos a partir de lo que cada parte considera justo. En función de esos cálculos morales –si tal o cual referente realmente se mueve por la gente y los problemas del barrio, o si solo lo hace por quienes lo apoyan políticamente–, las personas definen y redefinen sus adhesiones políticas: a quién acompañan y a qué, de qué participan y cómo.

Análogamente, la vida cotidiana de organizaciones del tipo de las piqueteras está signada por evaluaciones sobre cómo garantizar criterios y principios de derecho adecuados para la gestión y administración de recursos socialmente significativos, como los destinados a programas sociales, comedores comunitarios, puestos de trabajo en cooperativas o actividades productivas. Los vecinos participan de los procesos colectivos de juicio,

ajuste y reformulación de esos criterios; en el curso de sus relaciones y prácticas políticas las personas producen y transforman acuerdos y desacuerdos que nunca están definidos de antemano.

Así, esta experiencia me mostró que la cultura clientelar, el concepto que para muchos –los poderosos, los medios de comunicación– explica la actividad política de los sectores populares, es para estos una preocupación cotidiana y una acusación esgrimida en su permanente negociación y regulación práctica de los modos aceptables y los inaceptables de hacer política.

Más allá del clientelismo

Al enfatizar el peso de las prácticas clientelísticas, se incurre en una reducción análoga a la de sustituir el movimiento de una película por la estática de una foto. Observando la trastienda de elecciones, actos partidarios o acciones de protesta advertimos, por un lado, la naturaleza duradera e interpersonal de los vínculos que los ciudadanos establecen con actores políticos intermedios, como punteros, dirigentes y organizaciones sociales del barrio. Por otro lado, resulta claro que el trabajo cotidiano de estos actores es necesario para que las demandas individuales y colectivas lleguen a los poderes públicos.

Esa labor, sin embargo, no se reduce a bienes particularistas divisibles: atañe igualmente a bienes públicos indivisibles, como infraestructura y servicios públicos barriales, lo mismo que a bienes intangibles que los activistas barriales procuran conseguir en un contexto que el sociólogo Javier Auyero, profesor de la Universidad de Texas en Austin, llamó la resolución de problemas de la vida cotidiana en condiciones de desigualdad estructural: conseguir una ambulancia ante una emergencia, asistir a un vecino en los trámites necesarios para someterse a una cirugía de alta complejidad, orientar a una vecina ante una situación de violencia familiar.

Buena parte del trabajo político de las organizaciones y los actores intermedios consiste en solucionar cuestiones que no avanzan por las vías burocráticas, en trámites realizados ante dependencias estatales o sus sitios de internet. La noción de *referente*, hoy generalizada en el léxico político para referir a los otrora llamados peyorativamente *punteros*, permite dar cuenta de esta lógica: en los barrios el referente suele ser alguien en quien los vecinos pueden apoyarse, no solo o no necesariamente en términos políticos o partidarios sino, también, en materia de sus relaciones concretas con el Estado. El referente conoce funcionarios y oficinas de gobierno, puede hacer averiguaciones y consultas, puede seguir el caso de cada uno. De este modo, el Estado se hace presente en la vida del vecino por interpósita persona.

Cómo funcionan las democracias

Lo dicho hasta acá permite arrojar luz sobre el doble carácter –representación y movilización– de las expresiones políticas populares. Las democracias en funcionamiento efectivo no se reducen a elecciones e instituciones representativas. Como lo señala el politólogo indio Partha Chatterjee, profesor de la Universidad de Columbia, existen muchos derechos ciudadanos que requieren de acciones no institucionales para ser ejercidos, pues las instituciones establecidas no los acogen, aunque puedan reconocerlos. En lenguaje del politólogo nombrado, es el campo en que actúa la *sociedad política*, el conjunto de prácticas mediante las cuales las poblaciones reivindican derechos y notifican a sus gobernantes cómo necesitan o prefieren ser gobernadas. Hacen lo anterior desbordando o incluso infringiendo canales legalmente establecidos, como sucede con la ocupación de espacio público o de propiedades privadas.

Cuando la acción cívica no resulta adecuada para hacerse oír, cada sector social se vale de las modalidades de acción a su alcance. Los sectores dominantes suelen apelar a acciones sigilosas como el cabildeo o lobby; quienes se encuentran cerca de la base de la pirámide social lo hacen importunando físicamente a otros en el espacio público y causando molestias que induzcan al Estado a tomar cartas en el asunto. En la historia argentina reciente, por ejemplo, el piquete o corte de ruta fue uno de los modos de acción política de las organizaciones que ocuparon el vacío dejado desde la década de 1990 por el retroceso del movimiento sindical. Esas organizaciones pasaron a representar a un nuevo sujeto social y político: el desocupado. Con el tiempo, este pasó a integrar la más amplia categoría del sector de la economía social o popular, que actualmente representa cerca del 40% de la clase trabajadora.

El piquete puede describirse como una acción de protesta. Pero cuando lo estudiamos en su funcionamiento concreto –cómo se inicia, cuándo, por quiénes, ante quiénes, cómo se disuelve–, advertimos que esa expresión deja demasiado afuera. La antropóloga Virginia Manzano ha mostrado que, a lo largo de las últimas tres décadas, el piquete se ha instituido en la Argentina como la forma socialmente reconocida, incluso aceptada por los gobiernos, de que ciertos sectores relegados hagan conocer sus demandas.

En mi investigación en el Gran Buenos Aires he podido advertir la contigüidad y equivalencia de piquetes y movilizaciones con otras prácticas menos visibles y espectaculares de demanda e interlocución, a las que también apelan las organizaciones de desocupados: llamados telefónicos, pedido de audiencias, entrega de petitorios en oficinas estatales. Estas acciones, sin embargo, no suelen bastar, porque los funcionarios tienden a acumular notas, prorrogar y evitar reuniones y demorar respuestas, hasta que la movilización irrumpe como un letrero que les indica el arribo

del momento de sentarse a conversar. La movilización, a diferencia de los otros recursos nombrados, no puede ser ignorada. La investigación etnográfica sugiere que las acciones de protesta, más que situarse al margen de las lógicas institucionales, son parte de su operación práctica.

Las personas hacen política, la política hace las personas

Las explicaciones moralistas y economicistas relegan a una categoría residual la dimensión intersubjetiva o, en palabras del socioantropólogo francés Marcel Mauss (1872-1950), el carácter de *hecho social total* que reviste la actividad política. Solo tras acompañar a mis interlocutores barriales en el funcionamiento diario de sus organizaciones piqueteras pude apreciar el significado que esos espacios revestían para sus protagonistas. Entre otras cosas, estar ahí era una forma de estar ocupados, de tener posibilidades de existencia social en un mundo sacudido por el desempleo estructural.

Los trastornos socioculturales producidos por la crisis de las sociedades industriales, observa el sociólogo estadounidense Philippe Bourgois, no han sido debidamente documentados ni por la ciencia social ni por las estadísticas oficiales, y tampoco han sido adecuadamente abordados por las políticas públicas. Un destino análogo les ha tocado a las experiencias de creatividad social y política con que las personas hacen frente a esas condiciones estructurales. Los efectos de estar haciendo cosas –y haciendo colectivamente, como enfatiza María Inés Fernández Álvarez– están entre las razones de la política que ni el economicismo ni el moralismo incorporan en su horizonte de explicación. De este modo, ahondan la incomprensión de los procesos políticos populares.

La investigación etnográfica invita a ensanchar el lente con que miramos la política popular. También ayuda a replantear la manera en que esta se interroga, y enseña que antes de determinar por qué se debería examinar cómo las personas participan de los espacios políticos, cómo se aproximan, cómo se comprometen y se distancian unas de otras.

Esto no implica abandonar la pregunta de por qué sino más bien asumir que, para responderla con seriedad y tomar en cuenta su carácter complejo, se requiere una indagación propiamente empírica, que siga de cerca los modos cotidianos, siempre dinámicos y oscilantes, en que personas de carne y hueso crean y recrean relaciones políticas. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AUYERO J, 2001, *La política de los pobres: las prácticas clientelistas del peronismo*, Manantial, Buenos Aires.

CHATTERJEE P, 2008, *La nación en tiempo heterogéneo y otros estudios subalternos*, Siglo XXI, Buenos Aires.

FERNÁNDEZ ÁLVAREZ MI, 2016, *Hacer juntos. Contornos, relieves y dinámica de la política colectiva*, Biblos, Buenos Aires.

FERRAUDI CURTO M, 2014, *Ni punteros ni piqueteros. Urbanización y política en una villa del conurbano*, Gorla, Buenos Aires.

MANZANO V, 2013, *La política en movimiento. Movilizaciones colectivas y políticas estatales en la vida del Gran Buenos Aires*, Prohistoria, Rosario.

OFFERLÉ M, 2011, *Perímetros de lo político: contribuciones a una sociohistoria de la política*, Antropofagia, Buenos Aires.

QUIRÓS J, 2011. *El porqué de los que van. Peronistas y piqueteros en el Gran Buenos Aires*, Antropofagia, Buenos Aires.

VOMMARO G y QUIRÓS J, 2011, 'Usted vino por su propia decisión. Repensar el clientelismo en clave etnográfica', *Desacatos*, 36: 65-84.

Julieta Quirós

Doctora en antropología, Universidad Federal de Río de Janeiro.
Investigadora adjunta del IDACOR, Universidad Nacional de Córdoba-Conicet.
Docente de la maestría en antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, UNC.

Los premios Nobel 2017

¿Cuáles son las contribuciones al conocimiento realizadas por los ganadores de premios que, a lo largo de más de un siglo, se convirtieron en uno de los mejores mecanismos del mundo para identificar avances cruciales de las ciencias?

ECONOMÍA

J Daniel Aromí
Facultad de Ciencias Económicas, UBA

La economía de la conducta

Este año, el premio en ciencias económicas instituido por el Banco de Suecia en memoria de Alfred Nobel fue otorgado al estadounidense Richard Thaler, de la Universidad de Chicago, por sus contribuciones a la economía de la conducta o *economía conductual*.

Tradicionalmente, el análisis económico recurre a modelos basados en que los actores no enfrentan límites cognitivos. En otras palabras, considera que pueden incorporar la información disponible y realizar los cómputos necesarios para tomar las decisiones que más los acerquen a sus objetivos. Adicionalmente, los modelos postulan comúnmente que la única motivación de los actores es su bienestar individual, lo cual significa que su comportamiento no toma en cuenta consideraciones de justicia o el bienestar de otros agentes.

Entre los esquemas que se apoyan en estos supuestos se encuentran los modelos de conducta competitiva, el modelo de la utilidad esperada aplicado a decisiones en contextos de incertidumbre, y los modelos que comparan a valores presentes los costos y beneficios esperados en distintos momentos futuros o modelos de utilidad intertemporal descontada. Adicionalmente, buena parte de la teoría de juegos se apoya en estos supuestos.

Entre otros logros, dichos esquemas han permitido comprender el funcionamiento de los mercados con información asimétrica, las dinámicas macroeconómicas y las relaciones contractuales. Si bien los analistas usualmente reconocen que pueden existir límites cognitivos o que los agentes pueden tener motivaciones que exceden su bienestar individual, se argumenta que estas simplificaciones son útiles para mejorar la comprensión de fenómenos sociales complejos.

Richard Thaler

El nombre economía de la conducta se refiere a un conjunto de análisis que evalúan empíricamente la validez de los anteriores supuestos. Abarca, además, nuevos modelos que prescinden de los supuestos simplificadores señalados en procura de mejorar la compresión de los fenómenos económicos.

A lo largo de su prolífica carrera, Richard Thaler realizó diversas contribuciones a la economía conductual, entre ellas, el concepto de la *contabilidad mental*, que comenzó a definir en la década de 1980. Por semejanza con la contabilidad de las empresas, Thaler sugirió que las personas procesan información, categorizan gastos y evalúan resultados. Dado que tienen recursos cognitivos limitados, la contabilidad mental les permite simplificar la tarea y llegar a conclusiones que influyen en su comportamiento. Estas ideas estuvieron inspiradas, en parte, en la teoría de toma de decisiones elaborada por los psicólogos Daniel Kahneman –ganador del Nobel de economía en 2002– y Amos Tversky (1937-1996).

Este nuevo marco conceptual permite explicar numerosas situaciones en que la conducta se desvía de lo esperable cuando es analizada a la luz de los modelos tradicionales. Así, las personas manifiestan importantes diferencias de su valuación de un bien o servicio según consideren comprarlo o venderlo; la frecuencia con la que evalúan pérdidas o ganancias influye sobre sus decisiones de inversión en activos riesgosos; los presupuestos asociados con distintas categorías de bienes modifican las decisiones de gasto; y su propensión a gastar varía según la fuente de ingresos o el tipo de riqueza. Como indica el título de un artículo publicado por Thaler en 1999 ('Mental accounting matters', *Journal of Behavioural Decision Making*, 12, 3: 183-206) estos ejemplos sugieren que la contabilidad mental importa.

Otro conjunto de contribuciones de Thaler se relaciona con el estudio de las *decisiones intertemporales*, que implican recibir o erogar dinero en momentos distintos. En un artículo publicado de 1981 en coautoría con el economista de origen canadiense Hersh Shefrin ('An Economic Theory of Self-Control', *Journal of Political Economy*, 89, 2: 392-406), describió un modelo en el que hay un conflicto entre dos actores: uno que planea y otro que ejecuta, y en el que el segundo actúa con miopía, es decir, pone su interés de modo preponderante en el corto plazo, mientras el primero, con una visión dirigida a más largo plazo, procura influir sobre el comportamiento del ejecutor. Estos modelos teóricos, que reflejan diferentes circunstancias del mundo real, recibieron apoyo empírico en experimentos realizados por el mismo Thaler.

Hoy, a solo unas décadas de distancia, esta perspectiva también resultó sustentada por estudios que documentaron actividad cerebral cuando la gente toma decisiones. Así experimentos de neurobiología mostraron que algunas regiones evolutivamente antiguas del cerebro se activan al evaluar decisiones que tienen consecuencias inmediatas, pero no se activan al evaluar decisiones cuyas consecuencias están alejadas en el tiempo.

De acuerdo con estos análisis, los hogares pueden encontrar dificultades a la hora de cumplir con sus planes de ahorro, pues las inclinaciones cortoplacistas se oponen a los planes de largo plazo. En este contexto, se han imaginado mecanismos que restrinjan el comportamiento cortoplacista. Thaler y el jurista Cass R Sunstein, de la Universidad de Harvard, hablan de *paternalismo libertario* en su libro *Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth and Happiness* (Yale University Press, 2008) para referirse a pequeños estímulos orientados a producir un mejor balance entre satisfacciones presentes y futuras, por ejemplo, recordatorios o formularios diseñados con ese propósito. Desde una perspectiva más tradicional y paternalista, las decisiones intertemporales que llevan a niveles de ahorro típicamente insuficientes se contrarrestan con reglas que imponen aportes o ahorros obligatorios, y con programas que garantizan ingresos a adultos mayores.

Un tercer grupo de trabajos de Thaler se refiere a circunstancias en las que los agentes están motivados por el bienestar de otros o por creencias acerca de lo que es justo. Como parte de ellos concibió y ejecutó un conjunto de experimentos simples pero informativos en los que los sujetos toman decisiones económicas considerando el bienestar de terceros y sus propios conceptos sobre lo justo. Adicionalmente, llevó a cabo encuestas para descubrir lo que la gente considera justo en mercados no competitivos y en relaciones contractuales. Esas opiniones, argumentó, pueden tener efectos sobre el funcionamiento de los mercados y las estipulaciones de los contratos. Por ejemplo, rigideces en los precios y en los términos de contratos pueden ser una forma de evitar descontentos, o conflictos asociados con percepciones de injusticia.

Thaler también realizó contribuciones en el campo de las finanzas, por ejemplo, en el análisis de sobrerreacciones en mercados financieros o anomalías en el valor de fondos de inversión, emprendidas en colaboración con el economista Shlomo Benartzi, de la Universidad de California en Los Ángeles. En ellas, propuso una explicación al fenómeno observado a lo largo del siglo XX, por el cual el retorno de las acciones resultó mucho mayor que el de los bonos del gobierno, una anomalía conocida como el *misterio de la prima de riesgo* (*equity premium puzzle*).

Los trabajos de Richard Thaler, en síntesis, documentaron situaciones en múltiples campos de la economía que constituyen anomalías para la teoría económica tradicional. Su manera de ver las decisiones económicas influyó en cómo la disciplina analiza hoy problemas importantes tomando en cuenta la forma en que las personas guían su comportamiento.

LECTURAS SUGERIDAS

REAL ACADEMIA SUECA DE CIENCIAS, 2017, 'Easy money or a golden pension? Integrating economics with psychology', accesible en la página *https://www.nobelprize.org/ nobel_prizes/ economic-sciences/ laureates/2017/popular-economicsciences2017.pdf*

J Daniel Aromí

Doctor (PhD) en economía, Universidad de Maryland en College Park. Investigador en el Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires, UBA-Conicet.

FÍSICA

Mario C Díaz
University of Texas Rio Grande Valley (UTRGV)

La Real Academia de Ciencias de Suecia otorgó el premio Nobel de física 2017 a tres integrantes de la colaboración científica internacional Ligo-Virgo dedicada a la búsqueda de *ondas gravitacionales*. La mitad del premio correspondió a Rainer Weiss (nacido en Berlín en 1932), del Instituto de Tecnología de Massachusetts, y la otra mitad se repartió entre Barry Barish (nacido en 1936) y Kip Thorne (nacido en 1940), ambos del Instituto de Tecnología de California (Caltech).

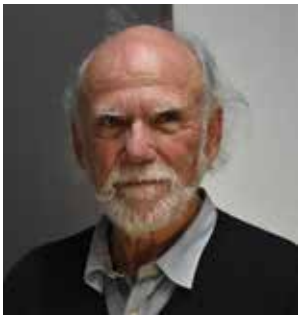
El 11 de febrero de 2016 se anunció la detección de ondas gravitacionales, como lo explica una nota de Carlos Kozameh publicada en Ciencia Hoy en mayo-junio de ese año. Esa primera detección y otras posteriores abrieron una nueva ventana al universo: la astronomía de ondas gravitacionales. Los hallazgos fueron el resultado de un trabajo de equipo que se fue perfeccionando lentamente por los más de veinticinco años transcurridos desde que se construyeron los detectores usados en el descubrimiento. Si contamos desde el momento en que Einstein predijo teóricamente la existencia de esas ondas, su descubrimiento experimental se demoró un siglo.

La historia de la física moderna es en gran medida la de las predicciones teóricas de la existencia de partículas que actúan como mediadoras de interacciones físicas y su posterior descubrimiento experimental. Así, Ernest Rutherford (1871-1937) predijo en 1920 la existencia del neutrón, que James Chadwick (1891-1974) encontró doce años después; Wofgang Pauli (1900-1958) predijo la existencia del neutrino en 1930, el cual fue encontrado en 1956; y el bosón predicho por Peter Higgs (nacido en 1929) tardó unos treinta años en ser encontrado experimentalmente.

La historia de las ondas gravitacionales fue una de frustraciones, dudas e incertidumbres. Einstein mismo dudó de su existencia y pensó que podrían ser un artificio matemático de su teoría más que un fenómeno real. Por años el estudio de la física de la radiación gravitacional estuvo reservado a un estrecho grupo de físicos teóricos que discutían sobre sus posibles propiedades y las características que podría tener su emisión. Richard Feynman (1918-1988) criticó con vehemencia ese estudio por la ausencia de experimentos, es decir, por tener muy tenue conexión con la realidad.

Pero en la década de 1960, el físico estadounidense Joseph Weber (1919-2000) comenzó a cambiar la historia con los primeros experimentos orientados a detectarlas. Si bien los aparatos que usó carecían de la sensibilidad necesaria, abrió el camino a las siguientes generaciones de físicos experimentales que dedicarían su ingenio a encontrar técnicas más apropiadas.

Rainer Weiss



Barry Barish

Kip Thorne

El primer golpe de suerte sobrevino en 1974, cuando los también estadounidenses Joseph Taylor (nacido en 1941) y Russell Hulse (nacido en 1950) descubrieron el primer *pulsar binario* (bautizado PSR B1913+16), un sistema de dos *estrellas de neutrones*. Recibieron por ello el premio Nobel de física en 1993 y mediante el estudio de su propio descubrimiento a lo largo de diez años ofrecieron la primera prueba clara de la existencia de la radiación gravitacional predicha por las ecuaciones Einstein.

Las estrellas de neutrones, descubiertas unos diez años antes por el radioastrónomo británico Anthony Hewish (nacido en 1924), son objetos compactos que se forman cuando estrellas con masas algo menores que 1,5 veces la masa solar usan todo su combustible nuclear y colapsan en una gran explosión denominada *supernova*, la cual, debido a la acción de la gravedad, acaba teniendo un radio de menos de 20km. Las que formaron el pulsar descubierto por Hulse y Taylor, según las mediciones de estos, al acercarse sufrieron una reducción de su período orbital de unos 10 microsegundos por año, un valor que concuerda con la teoría de la relatividad general. El descubrimiento de Hulse y Taylor no dejó duda de que existían fuentes de ondas gravitacionales y que se podrían detectar con aparatos apropiados.

Las estrellas de los pulsares como el descubierto por Hulse y Taylor terminan chocando en unos 300 millones de años, y por apenas unos segundos, durante la conse-

cuente explosión, emiten ondas gravitacionales que pueden ser detectadas en la Tierra por aparatos como el que imaginó Weiss con un colega del Caltech, el físico escocés Ronald Drever (1931-2017), capaz de captar el breve pero intenso gorjeo que producen las ondas gravitacionales (gorjeo por su similitud en ciertos aspectos con el breve canto de un pájaro). Se trató de un interferómetro de rayos láser, consistente en espejos colocados a cierta distancia entre ellos que reflejan luz láser. Weiss, Drever y Thorne concibieron uno de una escala mucho mayor que todos los anteriores.

Las pequeñas vibraciones del espacio-tiempo cambian la distancia entre esos espejos en una magnitud extremadamente pequeña, con lo que la luz del láser cambia de intensidad. Para que exista alguna posibilidad de detectar ese pequeñísimo cambio es necesario que la distancia entre los espejos sea de 4km y que el material con que estén hechos amortigüe las vibraciones que experimentan debido al simple ruido atómico. La luz láser debe rebotar varias veces entre los espejos y acumular la potencia luminosa necesaria para provocar variaciones casi imperceptibles de la distancia entre ellos. Los espejos deben estar suspendidos de manera que los aísle al máximo posible del temblor natural del suelo terrestre.

Construir un aparato de este tipo sale cientos de millones de dólares, un gasto que muchos astrónomos y físicos criticaron, pero que la National Science Foundation aceptó financiar luego de que el Congreso aprobara asignarle los recursos. El proyecto resultó el más costoso financiado por la entidad en los últimos tiempos y necesitó de un ejército de ingenieros, científicos y técnicos que trabajaran mancomunados para desarrollar toda la ingeniería de hardware y de software requerida. El complejísimo detector terminaría compuesto, entre otras partes, por miles de sensores ambientales cuyas mediciones deben ser seguidas en tiempo real y de las que resulta necesario extraer señales muy débiles mezcladas con un ruido instrumental más fuerte que ellas.

Si en Weiss se premió una creación tecnológica capaz de detectar las ondas gravitacionales (plasmada con Drever, excluido de la posibilidad de recibir el Nobel por haber muerto unos meses antes), y en Thorne se reconoció su tenacidad por impulsar el proyecto, en Barish se distinguió la capacidad de crear el equipo de más de mil científicos y tecnólogos que lo llevaron a cabo.

Pero para la colaboración científica Ligo-Virgo, tal vez el premio que recibió de la naturaleza unas semanas antes que el de la Academia Sueca haya sido infinitamente más gratificante. El 17 de agosto, en efecto, dos detectores de Ligo situados en los Estados Unidos, respectivamente en Livingston, Luisiana, y Hanford, Washington, detectaron ondas gravitacionales provenientes de la fusión de otras dos estrellas de neutrones. Dos segundos después, el satélite Fermi, de la NASA, identificó un estallido de rayos gamma de corta duración (menos de dos segundos), un tipo de fenómeno que por décadas se creía asociado con la fusión de estrellas de neutrones, una hipótesis que las detecciones confirmaron.

Con las coordenadas provistas por Ligo-Virgo y Fermi, en pocas horas varios observatorios alrededor del mundo comenzaron a escanear la región del cielo de la que estimativamente provino la señal y dieron con un nuevo punto de luz semejante a una estrella nueva, hallado primero por telescopios ópticos, en una galaxia distante unos 130 millones de años luz de la Tierra. Luego, cerca de 60 observatorios terrestres y espaciales, entre ellos dos telescopios utilizados por la colaboración Toros (Transient Optical Robotic Observatory of the South), observaron el evento en distintas longitudes de onda. Uno de estos fue el de la estación astrofísica de Bosque Alegre del Observatorio Astronómico de Córdoba (el primero de la Argentina, fundado en 1871); el otro fue el telescopio T80S ubicado en el cerro Tololo, en la región chilena de Coquimbo.

Por mucho tiempo se pensaba que este tipo de hecho astrofísico ocurriría con cierta frecuencia. Sin embargo, esta fue la primera vez en que fue detectado, y por un amplio espectro de observaciones que cubrieron desde las ondas gravitacionales hasta la radiación electromagnética de todas las longitudes de onda. La recién nacida astronomía de ondas gravitacionales acaba de impulsar un nuevo capítulo en la historia de la astronomía: la de mensajeros múltiples.

LECTURAS SUGERIDAS

CASTELVECCHI D & WITZE A, 2016, 'Einstein's gravitational waves found at last', *Nature News*, doi: *10.1038/nature.2016.19361*.

KOZAMEH C, 1916, 'Las ondas gravitacionales. Un triunfo del ingenio humano', Ciencia Hoy, 25, 149: 7-10.

Mario C Díaz

Doctor en física, Universidad Nacional de Córdoba.
Integrante de la colaboración científica internacional Ligo.
Profesor titular UTRGV.
Director, Center for Gravitational Wave Astronomy, UTRGV.
mario.diaz@utrgv.edu

FISIOLOGÍA O MEDICINA

Nicolás Pírez
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE), UBA-Conicet

Sebastián Kadener
Universidad de Brandeis

El premio Nobel de fisiología o medicina de 2017 fue otorgado a los estadounidenses Jeffrey C Hall (nacido en 1945), Michael Rosbash (nacido en 1944) y Michael W Young (nacido en 1949) por experimentos realizados en las décadas de 1980 y de 1990 que permitieron explicar cómo plantas, animales y humanos sincronizan diversas funciones de sus organismos con los cambios de luz y temperatura ocasionados principalmente por la rotación de la Tierra. Los llevaron a cabo utilizando la pequeña mosca de la fruta –a la que se refiere también el artículo '*Drosophila melanogaster*, un versátil organismo modelo', en las páginas 12-17 de este número de Ciencia Hoy– y descifraron los mecanismos moleculares que controlan los ritmos circadianos ('aproximadamente diarios'), es decir, los que resultan de un reloj biológico interno de los organismos que regula muchas funciones fisiológicas.

Cada vez es más clara la importancia del reloj biológico para la salud humana, por ejemplo, para el tratamiento de determinadas enfermedades; además, un mal funcionamiento del reloj puede causar nuevas dolencias. Muchas situaciones de nuestras vidas, desde viajes intercontinentales hasta trabajo en turnos nocturnos o simples trasnochadas, pueden causar desarreglos más o menos importantes en nuestro reloj, el cual constantemente trata de mantenerse en fase con el ambiente al que está expuesto.

Se han observado ritmos circadianos en la más amplia gama de seres vivos, desde cianobacterias a primates. Controlan el metabolismo, la estabilidad del medio interno (llamada *homeostasis*), la alternancia de sueño y vigilia e innumerables otras funciones. Anticipan los cambios de luz y temperatura causados por la sucesión de los días y de las estaciones, algo que, por ejemplo, permite que las plantas florezcan, pierdan sus hojas y las recuperen en los momentos adecuados, o los animales que hibernan ingresen y salgan de ese estado en los tiempos debidos. Disponer de tales capacidades internas confiere a los organismos la capacidad de adaptase al ambiente, es decir, tiene un importantísimo *valor adaptativo*.

La historia del conocimiento del reloj biológico se remonta a varias décadas atrás, como lo explica el artículo mencionado en el primer párrafo. En 1971, Seymour Benzer y Ron Konopka identificaron en el Caltech el gen asociado con la eclosión de la mencionada mosca (la etapa de su metamorfosis por la que sale del estado de pupa) y lo llamaron gen 'período' (*period*). Varios años después Jeffrey Hall (que había trabajado con Benzer) y Michael Rosbash, de la Universidad de Brandeis, en los suburbios de Boston, se propusieron ser los primeros en secuenciar dicho gen, cosa que lograron en 1984. Lo curioso es que esta colaboracion científica no surgió en el laboratorio sino en el vestuario después de un partido de básquet que solían jugar todas las semanas Hall y Rosbash. Fue en una de esas ocasiones en la que, después de escuchar a Hall quejarse de la dificultad de secuenciar y copiar ese gen, es decir, *clonarlo*, cuando Rosbash, que contaba con mucha experiencia en el área de biología molecular, se ofreció a ayudarlo. Unos años después, en 1990, ambos demostraron que en el organismo del insecto los niveles de la proteína producida o *codificada* por el gen período, llamada 'período', oscilan a lo largo del día mediante un ciclo llamado de *retroalimentación negativa*, por el cual el mismo producto del gen –la proteína período– inhibe la acción de este (más precisamente, su *transcripción*) y disminuye sus propios niveles.

Por otro lado, en la Universidad Rockefeller de Nueva York, Michael Young también secuenció el gen período unos meses después que Hall y Rosbash, y en 1994 descubrió un segundo gen esencial para los ritmos circadianos, al que nombró el gen 'atemporal' (*timeless*). Solamente cuando las proteínas producidas por ambos genes –el período y el atemporal– se adosan o unen entre ellas y actúan unidas tienen lugar las oscilaciones moleculares que constituyen la máquina del reloj biológico.

Las investigaciones de Hall, Rosbash y Young no solo permitieron entender el reloj en la mosca de la fruta: los mismos genes fueron encontrados en mamíferos, en los que realizan funciones muy similares, lo que demuestra una característica importante de muchos rasgos biológicos, entre ellos los del reloj circadiano, a saber, que se conservan a lo largo de la evolución. En todos los organismos en que se los ha buscado, desde plantas y bacterias hasta humanos, se han encontrado evidencias de que estos relojes están presentes y actúan sobre la base de los mismos principios.

La presencia del reloj biológico interno permite a los distintos tejidos del organismo estar más o menos activos en los momentos apropiados. La situación es diferente en el cerebro de los animales. Tanto en las moscas como en los mamíferos, solo se activan o *expresan* los genes del reloj en una pequeña parte de las neuronas cerebrales, las cuales tienen, en consecuencia, la capaci-

dad de medir el tiempo. En las moscas, ese reloj central se encuentra en alrededor de 150 neuronas distribuidas en su cerebro, aunque también se advierte que existen relojes en tejidos periféricos. En mamíferos, los relojes centrales se encuentran en unas 20.000 neuronas ubicadas en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo. En otros animales están en la glándula pineal o en los ojos.

¿Cómo funciona el reloj molecular? El ciclo empieza con la activación de los genes período y atemporal mediada por otras dos proteínas, también del reloj, llamadas respectivamente 'reloj' y 'ciclo' (*clock* y *cycle*). Como resultado de dicha activación, al final del día se advierte un pico en la abundancia de sus productos, las proteínas período y atemporal. Estas se acumulan en el medio interno de las neuronas o *citoplasma* y, hacia el final de la noche, se unen entre ellas e ingresan unidas al núcleo celular, donde a su vez se adosan a las proteínas reloj y ciclo, que ya están allí. Esta unión causa que el conjunto de proteínas reloj y ciclo no pueda seguir actuando como activador de los genes período y atemporal. Asimismo, existe un mecanismo que impone un retardo entre el momento de activación de los genes período y atemporal y la explicada represión de su expresión mediada por sus propios productos, las proteínas período y atemporal. Ese retardo temporal es clave para las oscilaciones diarias de los genes circadianos, al punto que, para algunos investigadores, es el principal factor que permite al reloj interno medir el tiempo.

Jeffrey C Hall

Michael Rosbash

Michael W Young

En la actualidad no causa sorpresa la noticia de que un gen de *Drosophila* haya sido clonado, pero en la década de 1980, cuando se realizaron los innovadores experimentos relatados, las técnicas de estudio de la biología molecular eran incipientes, por lo que las investigaciones que los llevaron a cabo fueron claves para el nacimiento de la cronobiología. Más aún, los avances de esta durante los últimos veinte años consiguieron integrar campos tan disímiles como la biología molecular, la fisiología y las neurociencias. El trío de investigadores hoy galardonado había recibido muchos de los premios que por lo común anteceden al Nobel y todo parecía indicar que este pronto les llegaría, pero pasaban los años y ello no ocurría, lo que hacía pensar que quizá nunca arribaría. Ahora sonaron las campanas del reloj de la ciencia y Hall, Rosbash y Young vieron sus esfuerzos recompensados.

Por otra parte, con su elección de los ganadores de este año, la Real Academia Sueca recuerda sabiamente la importancia de la ciencia básica, que trata simplemente de entender el funcionamiento de la naturaleza, y equilibra así otras decisiones que tomó orientadas a premiar investigaciones motivadas por la búsqueda de curas para enfermedades, como el premio de 2008 por el descubrimiento del *VIH*. El premio da una buena respuesta a las persistentes preguntas de *para qué sirve*, en este caso, estudiar el cerebro de una minúscula mosca.

LECTURAS SUGERIDAS

CARDINALI D, 1989, 'Los relojes biológicos', Ciencia Hoy, 1, 1: 11-19.

CARDINALI D, GOLOMBEK D y BONANI REY R, 1991, 'La desincronización de los relojes biológicos', Ciencia Hoy, 3, 16: 6-10.

FRENKEL L, 2017, "La sinfonía diaria del reloj neuronal', Ciencia Hoy, 26, 155: 9.

GOLOMBEK D, 1995, 'La quimera del tiempo. Comunicación entre relojes biológicos', Ciencia Hoy, 5, 306: 10-15.

Nicolás Pírez

Doctor (PhD) en biología, Universidad de Boston.
Investigador asistente en el IFIBYNE, UBA-Conicet.

Sebastián Kadener

Doctor en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.
Profesor asociado, Universidad de Brandeis.

QUÍMICA

Alejandro Wolosiuk
Centro Atómico Constituyentes, CNEA

El premio Nobel de química de 2017 fue compartido en partes iguales por tres biofísicos: Jacques Dubochet (nacido en 1942) de la Universidad de Lausana, Joachim Frank (nacido en Alemania en 1940) de la Universidad de Columbia y Richard Henderson (nacido en 1945) del Medical Research Council del Reino Unido. La Academia Real Sueca los reconoció por 'desarrollar la microscopía electrónica criogénica para la alta resolución de estructuras de biomoléculas en solución'. El galardón pone de manifiesto las hoy cada vez más borrosas fronteras entre la química, la biología y la física.

Un *microscopio óptico* estándar utiliza dos lentes que nos permiten observar detalles que escapan a nuestro ojo. La primera lente, el objetivo, recibe la luz que refleja el objeto observado y genera una imagen intermedia que luego magnifica la segunda lente, el ocular. Así se logra ampliar hasta mil veces un objeto, pero por este camino no se puede aumentarlo indefinidamente.

Esa limitación se conocía desde el siglo XIX, a partir de los trabajos del británico John William Strutt, barón de Rayleigh (1842-1919), premio Nobel de física en 1904, y de los alemanes Ernst Abbe (1840-1905) y Hermann von Helmholtz (1821-1894), que llevaron a definir la resolución de un microscopio, es decir, la mínima distancia entre dos objetos que permite distinguirlos separados. Para un microscopio óptico convencional ese límite es aproximadamente 200 nanómetros (nm) o millonésimas de milímetro, si los objetos se iluminan con luz visible, cuya longitud de onda es del orden de los 500nm.

Una forma de mejorar la resolución es disminuir la longitud de onda de iluminación y, en vez de dirigir un haz de luz visible sobre el objeto, iluminarlo con un haz de electrones, los que tienen una longitud de onda asociada miles de veces menor, del orden de los 0,001nm, una dimensión comparable a la separación de los átomos. Así, el físico alemán Ernst Ruska (1906-1988) construyó entre 1931 y 1933 el primer microscopio electrónico, conocido por *microscopio de transmisión electrónica*, que poseía una resolución cercana a los 50nm. Ello le valió a su constructor el premio Nobel de física de 1986, compartido con Gerd Binnig (nacido en 1947) y Heinrich Rohrer (1933-2013), estos por desarrollar un microscopio de otro tipo llamado *microscopio de efecto túnel*.

A pesar de revolucionar la microscopía, estos instrumentos tuvieron un uso limitado en las ciencias biológicas, pues el flujo de electrones daña las muestras. Además, es necesario que en el interior de los microscopios electrónicos exista un intenso vacío, para evitar que los electrones choquen con las moléculas de los gases atmosféricos y se dispersen. En adición, como los tejidos biológicos están compuestos por una cantidad para nada desdeñable de agua líquida, que se evapora en forma muy eficiente en ese medio, las moléculas que componen dichos tejidos se desnaturalizan y colapsan, lo cual produce imágenes borrosas o de mala calidad, que no representan de manera fiel la estructura real de la muestra. Se agrega, por último, que el haz de electrones es capaz de aumentar la temperatura de lo que ilumina hasta unos 150ºC, algo que también altera estructuras biológicas delicadas.

Jacques Dubochet

Joachim Frank

Richard Henderson

En 1970, Henderson reemplazó el agua de tejidos biológicos por glucosa y otros azúcares, que tienen propiedades físicas y químicas parecidas a aquella pero no son volátiles. Si bien las moléculas de glucosa no son moléculas de agua, demostraron ser un buen sucedáneo. Así, en 1975 el laboratorio de Henderson obtuvo imágenes de la proteína bacteriorodopsina con una resolución de 0,7nm. Posteriormente logró mejorar la resolución a 0,35nm recurriendo a nitrógeno líquido, que está a -196ºC, para enfriar las muestras, con notable disminución del daño causado por el haz de electrones. Quedó entonces planteada la pregunta de si podría extenderse el procedimiento a otras proteínas.

En 1975 Frank publicó un artículo en el que estableció en forma puramente teórica que, a partir de un conjunto de datos obtenidos de imágenes bidimensio-

nales de un objeto tomadas con distintas orientaciones es posible generar una imagen tridimensional de alta resolución. Las imágenes producidas por los microscopios electrónicos son proyecciones bidimensionales de objetos de tres dimensiones, por lo que poder apreciarlos en sus tres dimensiones significa una sensible mejora. El método cobró impulso considerable con la aparición de computadoras capaces de procesar la gran cantidad de datos que se requiere manejar para cumplir la operación. Esto, no obstante, no hacía desaparecer el problema del agua, que solo se había resuelto momentáneamente cambiándola por una solución de glucosa.

Si se intenta bajar la temperatura a la cual se toman las imágenes, la formación de cristales de hielo compromete la integridad de las muestras y produce la difracción de los electrones usados para iluminarlas, lo cual enmascara las imágenes. Dubochet se preguntó qué sucedería si se enfriara rápidamente el agua desde temperatura ambiente a niveles cercanos a los del nitrógeno líquido. Tal congelamiento de la estructura líquida del agua significa que esta no estaría en estado sólido ni en estado líquido, sino que sería algo parecido a un sólido que fluye muy lentamente, como el vidrio.

En la década del 1980 se consideraba que la velocidad de enfriamiento necesaria para lograr lo anterior era prácticamente imposible de alcanzar. Sin embargo, en 1980, los austríacos Peter Brüggeller y Erwin Mayer, de la Universidad de Innsbruck, habían logrado dicha vitrificación completa de gotas de agua y de soluciones acuosas de tamaño micrométrico, justamente las cantidades de agua que se hallan típicamente presentes en las muestras biológicas. Para realizarlo, debieron enfriar el agua extremadamente rápido, a una velocidad del orden de los 100.000°C por segundo.

Avanzando por ese camino, Dubochet y Alasdair McDowall, del Caltech, pusieron a punto en 1981 un método que permitía formar una película de agua sólida no cristalina de 1 micrómetro (μm) de espesor sobre las muestras colocadas en el microscopio de transmisión electrónica. Esa delgada capa de agua ocasiona una baja y uniforme absorción de electrones y no los difracta, lo que significa ausencia de cristales de hielo. Además, se puede mantener por bastante tiempo si la temperatura del ambiente del microscopio no supera los 160°C.

En 1984, el laboratorio de Dubochet difundió imágenes de microscopía de transmisión electrónica de distintos virus en una capa de agua vitrificada. El método resultó extremadamente útil para obtener imágenes de varios tipos de macromoléculas, entre ellas ribosomas, que Frank obtuvo en 1991 con una resolución de 0,4nm.

Cuando se desató la epidemia de zika en Brasil hacia fin de 2015, el método anterior permitió obtener imágenes del virus con resolución de escala atómica en menos de cuatro meses, lo cual facilitó los esfuerzos por diseñar un fármaco a medida. Vienen al caso unas proféticas palabras pronunciadas en 1959 por el físico norteamericano Richard Feynmann en el encuentro anual de la American Physical Society: 'Es muy fácil responder muchas de las preguntas fundamentales de la biología: solamente hay *que mirar la cosa* [...] Infortunadamente, los microscopios actuales trabajan en escalas que no son apropiadas. Fabriquen un microscopio cien veces más potente, y muchos de los problemas de la biología serán más simples'. CH

LECTURAS SUGERIDAS

CORTI H, 2008, *Una mirada fisicoquímica a través del vidrio*, Eudeba, Buenos Aires.

REAL ACADEMIA SUECA DE CIENCIAS, 2017, 'They captured life in atomic detail', accesible en *https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/ laureates/2017/popular-chemistryprize2017.pdf*

Alejandro Wolosiuk

Doctor en ciencias químicas, FCEYN, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el Centro Atómico Constituyentes, CNEA.
wolosiuk@cnea.gov.ar

¡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