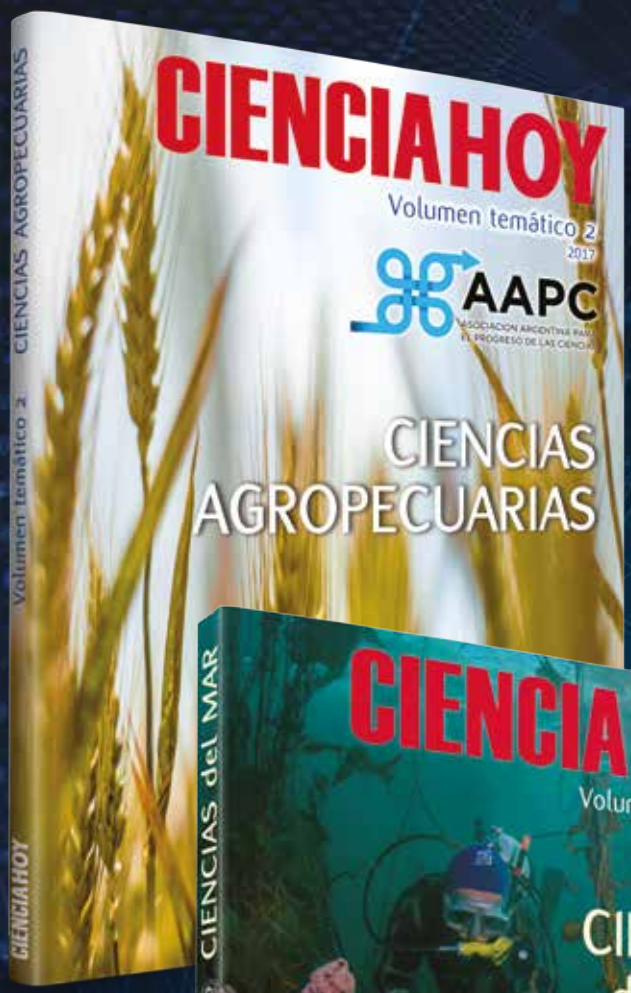
CIENCIA HOY

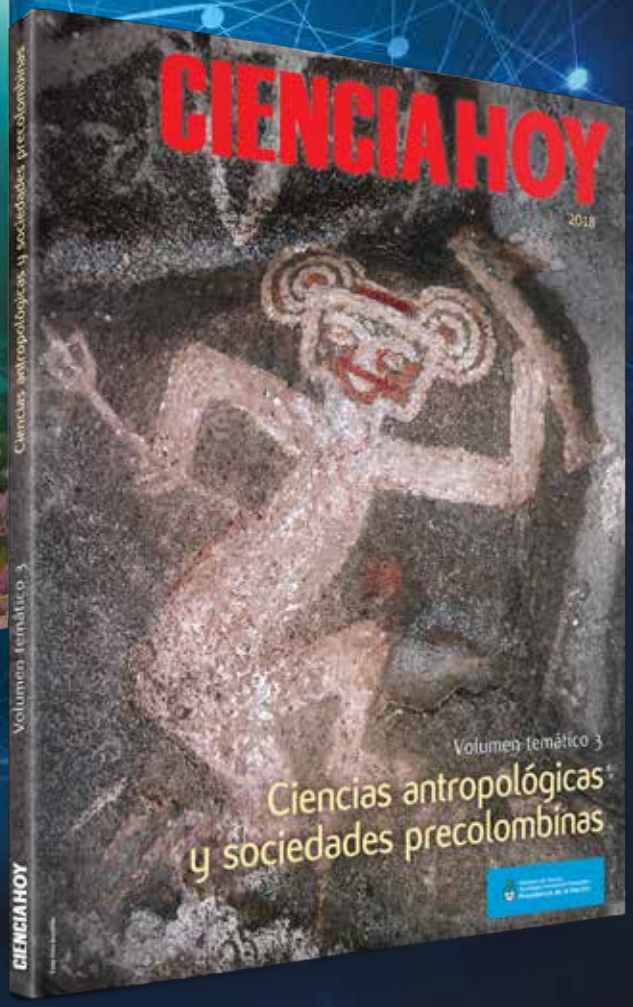
Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 28 número 168 enero - febrero 2020
Ejemplar en la Argentina $185

El dólar
La popular moneda argentina

Producción nacional de vacunas | Transporte cooperativo en hormigas
Los elefantes en el mundo simbólico de tres continentes | Fósiles en aguas termales patagónicas

ISSN 0327 - 1218
00168
9 770327 121009





CIENCIA HOY

CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS

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

RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 /4962 1330

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Aníbal Gattone

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

Sede: Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5° A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel.: (011) 4961-1824 y 4962-1330
Correo electrónico: *contacto@cienciahoy.org.ar*

http: //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

Sebastián Barbosa
TECtv. Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Patricia Ciccioli
Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires, UBA-Conicet

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

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

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

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

Aníbal Gattone
UNSAM

Roy Hora
Universidad Nacional de Quilmes. Conicet

Valeria Manzano
Instituto de Altos Estudios Sociales, Universidad Nacional de San Martín. Conicet

Karina V Mariño
Instituto de Biología y Medicina Experimental, IBYME, Conicet

Mariano Martinez
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

José X Martini
Asociación Ciencia Hoy

Paulina E Nabel
Asociación Ciencia Hoy

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

Santiago Francisco Peña
Instituto de Historia Antigua y Medieval. UBA-CONICET

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

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

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

Consejo científico

José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), José Carlos Chiaramonte (Instituto Ravignani, FFyL, UBA), 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), 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
Andrea Bellver (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche);
Av. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400)
San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro

Representante en Córdoba
Nancy López
La Falda, Valle de Punilla, Córdoba
Teléfono: (03548)15 571-025
Correo electrónico: *nancylopez2635@gmail.com*

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

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $1180 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 27 + envío

Costo de envío
PAÍSES LIMÍTROFES DE LA ARGENTINA: US$ 60
SUDAMÉRICA: US$ 72
RESTO DE AMÉRICA: US$ 84
EUROPA: US$ 90
RESTO DEL MUNDO: US$ 96

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

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

ISSN 0327-1218
N° de registro DNDA 75312285

Diseño y realización editorial
Estudio Massolo
Callao 132, EP (C1022AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfono: (011) 4372-0117
Correo electrónico: *estudiomassolo@gmail.com*

Corrección
Mónica Urrestarazu

Impresión
Mundial impresos
Cortejarena 1862 (C1281AAB)
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
Omar Coso (presidente), Aníbal Gattone (vicepresidente), Federico Coluccio Leskow (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), María Semmartin (prosecretaria), Hilda Sábato, Diego Golombek, Galo Soler Illia, Roberto R Pujana (vocales).

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

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

Sumario

Enero - Febrero 2020
Volumen 28 - número 168

EDITORIAL
4 El sector de ciencia y tecnología ante la Ley de Economía del Conocimiento

7 CARTA DE LECTORA

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY
8 Volumen 5, número 27 - 1994

10 GRAGEAS

ARTÍCULO
15 Producción nacional de vacunas: ¿una meta imposible?

Lautaro Zubeldia Brenner

Además del debate que la prensa ventila repetidamente sobre la seguridad de las vacunas y el cumplimiento de las obligaciones legales de aplicarlas, existe otro acerca de cómo abastecer las necesidades del país, que incluye fabricación local versus la importación y producción por el Estado versus privada. La nota procura proporcionar información para iluminar el segundo debate.

ARTÍCULO
23 El dólar, la popular moneda argentina

Mariana Luzzi y Ariel Wilkis

La sociología del dinero, que es el tema de este artículo, no suele entrar en los análisis académicos, políticos o periodísticos sobre la economía argentina, en particular, en los análisis de la pérdida de valor de la moneda nacional y de su contracara, el papel representado por el dólar. Sin embargo, el significado simbólico de esta moneda y su cometido como índice de éxito o fracaso político ayudan a comprender por qué sus vaivenes interesan incluso a ciudadanos que en gran parte están excluidos de su circulación.

ARTÍCULO
29 Transporte cooperativo en hormigas: cómo actúan al unísono sin control central

Alejandro G Farji-Brener

Un grupo de hormigas puede transportar de manera cooperativa objetos de tamaño mayor de lo que podría mover un individuo, y hacerlo sin recibir órdenes externas al grupo. El artículo discute investigaciones sobre cómo esos insectos pueden coordinar entre ellos sus movimientos y llevar a cabo tareas colectivas complejas sin un control central. Las conclusiones de esos estudios pueden ayudarnos a comprender mejor otros sistemas descentralizados, como redes neuronales y dinámica de grupos, y aplicarse en computación y robótica.

ARTÍCULO

35 Los elefantes en el mundo simbólico de tres continentes

José Emilio Burucúa y Nicolás Kwiatkowski

Enterados de que este número incluye un artículo sobre elefantes, los lectores habituales de Ciencia Hoy seguramente hayan pensado que detalla recientes descubrimientos acerca de, por ejemplo, la biología, la conducta o la filogenia de los paquidermos. Pero no es así. Versa sobre la figura histórica de este animal en la mitología y la imaginación simbólica de diversos pueblos y épocas, hasta desembocar en la más prosaica diezma de la especie para explotar el marfil de sus colmillos.

ARTÍCULO

45 Sistemas de aguas termales: una ventana sobre la Patagonia mesozoica

Juan L García Massini, Ignacio H Escapa y Diego M Guido

Por sus altas concentraciones de sílice y carbonato de calcio, las aguas termales facilitan la fosilización de los organismos y su excelente preservación. Esas condiciones se dieron en el pasado en el macizo del Deseado, en la provincia de Santa Cruz, donde un equipo multidisciplinario de investigadores estudia las formas de vida de hace 150 millones de años.

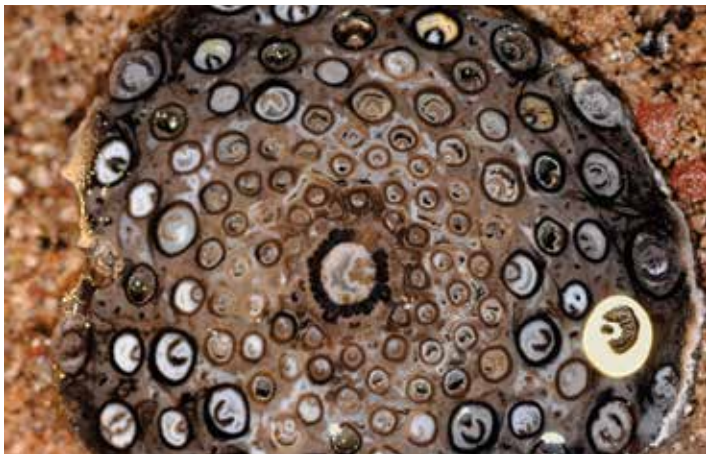
ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET

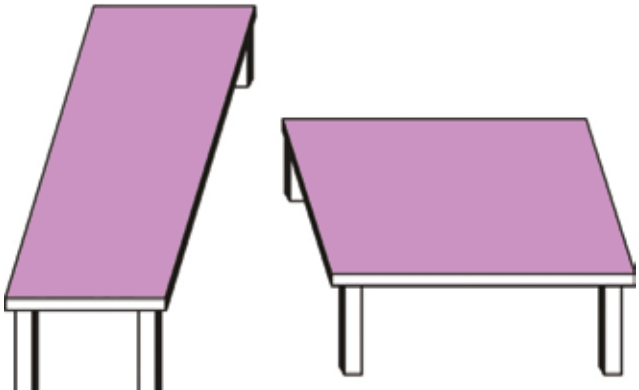
52 Ciencia en tu vida

MATEMÁTICA, ILUSIONES Y HUMOR

56 *Crossfit* cerebral
Matemática, ilusiones y humor

60 Índice del volumen 28





El sector de ciencia y tecnología ante la Ley de Economía del Conocimiento

En mayo de 2019 el Congreso Nacional sancionó la ley 27.506, llamada de Economía del Conocimiento, que fue reglamentada por decreto 708. La norma extendió el régimen de la ley 25.922, sancionada en 2004 y llamada de Promoción de la Industria del Software, que vencía el 31 de diciembre de 2019, hasta 2030, e incluyó en él actividades adicionales que hicieran uso intensivo de la innovación, como la biotecnología y la nanotecnología. En el momento de escribir el presente editorial se ha abierto una discusión sobre si son convenientes tanto esa extensión del plazo de vigencia de la primera ley como la de sus disposiciones a nuevos sectores establecida por la segunda. Dado que esas disposiciones son esencialmente el otorgamiento de beneficios fiscales, puede pensarse que, independientemente de cómo termine la discusión, algunos de ellos serán suprimidos. En lo que sigue consideraremos brevemente cuáles son esos beneficios, cómo funcionó la ley del software, qué cometido le cupo al sector de ciencia y tecnología con relación a ella y cuál le cabe en el presente de cara al futuro.

La ley de promoción del software estableció que por diez años (prorrogados a su vencimiento por cinco adicionales) las empresas vinculadas con ese rubro gozarían de estabilidad de los tributos nacionales directos, un crédito fiscal aplicable a la cancelación de impuestos nacionales y la desgravación del 60% del impuesto a las ganancias. Pasados quince años de la puesta en marcha de la promoción, según el análisis de una reconocida consultora, si bien hasta 2017 el costo fiscal por los beneficios otorgados y el mayor ingreso para el fisco por incremento de la actividad habrían sido aproximadamente iguales, la ley causó una expansión del empleo en el sector y tuvo un efecto neto positivo sobre la balanza de pagos.

Más allá de lo último, nos interesa señalar aquí que este régimen tuvo poca repercusión sobre el sector de ciencia y tecnología considerado en conjunto, excepto, claro está, para personas, empresas o instituciones vinculadas con el software. La ley creó el Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (conocido como Fonsoft), que permitió financiar programas y proyectos de universidades, de organismos de ciencia y tecnología y de pymes, pero fue poco exitoso y terminó desapareciendo.

La nueva Ley de Economía del Conocimiento tiene la meta de duplicar la cantidad de puestos de trabajo en los sectores a los que se aplica y generar al cabo de un decenio unos 15.000 millones de dólares anuales de exportaciones (en 2019, el total de las exportaciones del país alcanzó los 65.000 millones de dólares). Las nuevas actividades beneficiadas por la ley, en adición al software, se originaron y desarrollaron mayormente en universidades y organismos de ciencia y tecnología, lo que lleva a anticipar que la nueva norma podría generar interacciones mutuamente provechosas entre dichas instituciones y el sector empresario. Para recibir los beneficios de la ley, las empresas deben obtener el 70% de sus ingresos de las actividades promovidas y, además, (i) obtener la acreditación de calidad de sus procesos; (ii) invertir 3% de sus ingresos en investigación y desarrollo u 8% en capacitación de empleados, y (iii) exportar por lo menos por el valor del 13% de su producción.

La ley no promueve, menciona o sugiere cursos de acción directa para vincular las entidades de ciencia y tecnología con las empresas. Aunque menciona al Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Capital Emprendedor –creado por la ley 27.349, llamada de Apoyo al Capital Emprendedor, sancionada en noviembre de 2016, que regula los sistemas de financiamiento colectivo denominados *crowdfunding*–, no incluye a las entidades de ciencia y tecnología en posición destacada. Además, dado que fue concebida como una extensión de la ley de promoción del software, conservó el artículo 4º de es-

ta, por el cual se excluye de los beneficiarios a quienes realicen desarrollos para uso propio, ya que procuraba apoyar software orientado a la exportación. Así, si Y-TEC, la firma más importante del país en materia de investigación y desarrollo para la industria energética, cuyo 51% es controlado por YPF y el 49%, por el Conicet, realizase un desarrollo tecnológico para, digamos, Vaca Muerta, no podría acogerse a los beneficios de la Ley de Economía del Conocimiento, porque sería para uso propio (aunque también sustituyese importaciones, que tendría el mismo efecto sobre las cuentas externas que exportar).

Otra cuestión importante, relacionada con lo anterior, es la producción pública de medicamentos y vacunas, tema de uno de los artículos centrales de este número (página 15), que también ha sido testigo de las políticas erráticas sobre ciencia y tecnología aplicadas tanto al medio académico como a los organismos estatales y a las empresas. La producción pública de medicamentos y vacunas es, sin embargo, una actividad con características diferentes de las que exhiben muchas de las que típicamente son el blanco de la Ley de Economía del Conocimiento. Ello es así por la particularidad de sus objetivos en materia de salud pública, por la índole de sus mercados (al mismo tiempo con rasgos de oligopolio y de oligopsonio) y por la posible función de la producción pública como garantizadora del abastecimiento y reguladora del precio al consumidor. Es cierto que la producción pública de medicamentos y vacunas tendría, además, funciones económicas en común con las industrias del software, biotecnológicas o nanotecnológicas en materia de empleo, capacidad empresaria, productividad y balanza de pagos.

Los organismos de ciencia y tecnología se han mantenido como observadores –aunque no neutrales– de todas estas actividades y de sus oscilaciones. Se ven a sí mismos, en especial si pertenecen al medio académico, ante todo como generadores de un conocimiento cuyo valor se determina por la opinión de pares más que por las posibilidades de su aplicación.

Históricamente, tanto los organismos públicos como las empresas se han interesado más por el conocimiento generado para sustituir importaciones que para exportar. Según la Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación (citada en la página 20), en 2015 el 77% de las empresas no estableció vínculos con instituciones orientadas a fomentar y desarrollar actividades de innovación; del 23% que sí lo hizo, el 45% requirió solo pruebas y ensayos, y el 55% (es decir, un escaso 13% del total) demandó capacitación o desarrollo y mejoras de productos. O sea, la vinculación entre organismos de ciencia y tecnología y empresas, que siempre fue modesta, lo sigue siendo.

En estos tiempos –que quizá en esto no sean tan diferentes de otros tiempos, ni de otros países– son muchos los problemas que enfrenta nuestra sociedad y que requieren ser resueltos. Hoy han tomado preponderancia aquí, lo mismo que en varios otros lugares, la desigualdad social y sus consecuencias, la flagrante pobreza relativa y a veces también absoluta, y la disparidad de oportunidades en el acceso a la educación, la salud y la vivienda. También entre nuestras preocupaciones cotidianas están la inseguridad y el acceso a la justicia, con el telón de fondo de la cuestión ambiental en sus variadas facetas, desde el cambio climático a la congestión urbana, desde la contaminación de aguas superficiales y subterráneas hasta la marea de desechos plásticos que todo lo invade, y desde la pérdida de la biodiversidad al retorno de enfermedades extinguidas y la aparición de nuevas.

Este es el marco en el que se discute la conveniencia de que entren en vigor las disposiciones de la Ley de Economía del Conocimiento. A la tendencia que se ha advertido en el ánimo del público a enfatizar los rasgos negativos de ese marco, sintetizados en el párrafo precedente, contrapongamos el comentario de que también posee otros positivos. Con el cambio de gobierno el funcionamiento político argentino ha mostrado una madurez claramente superior a la que exhibió en el pasado en tales situaciones, y mientras no deja de oírse que el sistema educativo ha sufrido un enorme deterioro en las últimas décadas, también se constata que más del 50% de la cohorte de jóvenes de entre 18 y 24 años cursa educación terciaria (universitaria o no universitaria). Lo último conforma un recurso que alienta a concebir un ambicioso programa de innovación para el sector académico de ciencia y tecnología, que pueda también llevar innovación al mundo empresario.

El momento parece propicio para insistir en la importancia de encarar dicho programa, de incluir su discusión en el debate público y de examinar con cuidado todas sus aristas. En nuestra visión, ese programa no debería dejar de lado las formas aceptadas de antiguo de crear conocimiento, impulsado por la curiosidad intelectual, en un contexto de libertad académica, ni relajar las exigencias de calidad juzgada por pares. Debería empeñarse por construir un sistema armónico de distintas clases de conocimiento en el que los recursos para que unas crezcan no provengan de quitárselos a las otras. Formulamos en consecuencia una invitación (o un desafío) a todos los integrantes de la comunidad científica: imaginar maneras creativas de formular un programa de ciencia y tecnología que esté a la altura de este convulsionado y esperanzado siglo XXI. CH

SUSCRÍBASE AL CONOCIMIENTO

www.cienciahoy.org.ar

contacto@cienciahoy.org.ar RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824

Carta de lectora

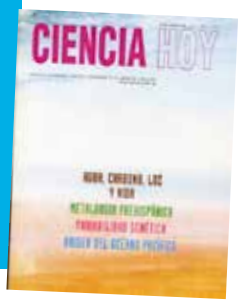
Maestra entusiasta

Soy profesora de educación primaria y suscriptora de *Ciencia Hoy de los Chicos* desde que empezó. Me gustaría comentarles que utilizo la revista en mis clases con asiduidad. Estoy a cargo de un tercer año en una de las escuelas de una ciudad ubicada en plena zona agropecuaria del oeste de la provincia de Buenos Aires. Tengo todos mis ejemplares en la escuela, en la biblioteca del aula, y los chicos los tienen incorporados en su universo lector. Les encanta verme tomar alguno de los números porque saben que se viene algo interesante y, muchas veces, provocador. Así sucedió con 'Hablemos de la caca' y con 'Mocos' cuando estudiamos sistemas del cuerpo humano; y 'Un asusto lanudo' complementó muy bien el análisis de circuitos productivos comenzado con una visita a una escuela agraria.

El año que viene serán otros niños, pero los de este curso ya se llevan a *Ciencia Hoy de los Chicos* con ellos. Uno tiene algunos números porque sus padres los compraron en un viaje; otro está tratando de convencer a los suyos que se suscriban.

Amalia Chaneton
General La Madrid

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY



UNA BIÓSFERA SUSTENTABLE

OSVALDO E SALA

Los científicos están de acuerdo en que peligra el futuro de la Tierra. La generación actual es la primera con el poder de extinguir la vida en el planeta, y también la última con la capacidad de revertir algunas de las tendencias de degradación del ambiente. Una formidable responsabilidad y una oportunidad única.

Escribe Sala hoy: 'El cambio global y el desafío de encontrar un camino sustentable para la humanidad son tan acuciantes como lo eran hace 25 años, pero ahora existen mejores predicciones sobre las emisiones de gases y el deterioro de los ecosistemas. No obstante, poco hemos avanzado en implementar soluciones globales, aunque hayan proliferado numerosas acciones de nivel local difíciles de extrapolar a la escala planetaria. De cualquier modo, conservamos la esperanza de alcanzar compromisos internacionales que eviten catástrofes ambientales mayores'.

LA INVESTIGACIÓN EN SALUD EN LA ARGENTINA

ELVIRA ARRIZURIETA

Simonetta Sonnino, Marta Novick y Elisa Bianchi son las autoras de un libro de 181 páginas, *La investigación en salud en la Argentina*, auspiciado por la Organización Panamericana de la Salud, delegación de la Organización Mundial de la Salud. El libro tiene cinco capítulos que abordan la historia de la investigación científica en salud, su estado actual, los perfiles de la investigación en salud, el potencial científico, y los riesgos y las posibilidades del sector.

LA VARIABILIDAD GENÉTICA

JUAN I BOUZAT

Para obtener una óptima variabilidad genética ¿qué relación debería existir entre los individuos con vínculo parental? Convendría evitar los extremos negativos de las depresiones endogámica y exogámica.

EL ORIGEN DEL OCÉANO PACÍFICO

GUSTAVO GONZÁLEZ BONORINO

Los geólogos están de acuerdo en que, hace millones de años, la separación de las masas continentales de África y América del Sur originó la fosa que hoy conocemos como océano Atlántico; no concuerdan, sin embargo, sobre el origen de la fosa del Pacífico. El artículo presenta las últimas evidencias experimentales que podrían explicar ese lejano fenómeno.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

LA SANGUIJUELA

JUAN FERNÁNDEZ

Un gusano segmentado cuyo estudio es de gran interés para la investigación biológica, y cuyas funciones medicinales, además de tener un lugar importante en la historia, vuelven a adquirir relevancia en el presente.

METALURGIA PREHISPÁNICA EN EL NOROESTE ARGENTINO: EL BRONCE SONRÍE

LUIS R GONZÁLEZ

Las sociedades prehispánicas que poblaron el territorio del actual noroeste argentino alcanzaron un notable nivel en la producción de objetos metálicos; desde tempranas épocas lograron tener aleaciones de bronce.

AGUA, CARBONO, LUZ Y VIDA

ALBERTO A IGLESIAS Y CARLOS S ANDREO

La utilización de la energía solar por parte de las plantas para formar compuestos orgánicos, a partir de anhídrido carbónico y agua, es un proceso indispensable para sustentar la vida en la Tierra y para mantener constante la composición de su atmósfera. En las últimas décadas se han realizado considerables avances en el conocimiento de los mecanismos íntimos que dan lugar a este proceso.

UNA RADIACIÓN QUE CONSERVA

ALEXANDRE MALTA ROSSI Y EDGARD F DE OLIVEIRA DE JESÚS

Una parte de la producción de alimentos se pierde o se contamina durante su almacenamiento. El tratamiento con radiaciones ionizantes, sea en forma independiente o combinado con las técnicas convencionales, es el nuevo aliado de los productores, pues constituye una manera eficaz de evitar esos efectos.

Armillaria gallica, un hongo gigante que elude envejecer

Cuando nos referimos a organismos actuales de grandes dimensiones lo primero que imaginamos son animales como las ballenas o árboles como las sequoias. Es poco habitual que se nos ocurra pensar en hongos multicelulares del tipo de los champiñones comestibles. La aparición esporádica en el suelo de estos –en realidad, de sus estructuras reproductivas– y su desaparición en poco tiempo hacen pensar que son organismos pequeños y de corta vida. Sin embargo, no sucede ni lo uno ni lo otro. La mayor parte de la biomasa de esos hongos son las *hifas*, unos filamentos microscópicos que constituyen una red llamada *micelio*. Este es el verdadero cuerpo del hongo, y puede ser enorme y muy longevo, pero no suele ser visible porque está principalmente bajo tierra.

En la década de 1980, investigadores de los Estados Unidos y Canadá analizaron el ADN mitocondrial de hongos en una plantación de pinos y sus zonas aledañas, cerca de la localidad de Crystal Falls, en el estado de Michigan, y descubrieron que el micelio de un único individuo del hongo *Armillaria gallica* abarcaba unas 37 hectáreas. Estimada su tasa de crecimiento, calcularon que su edad aproximada habría rondado los 1500 años, y su biomasa, unas 100 toneladas. Concluyeron que era el organismo más grande y longevo que existía en la Tierra, algo asombroso considerando que finalmente *Armillaria*, un hongo nativo de regiones templadas del hemisferio norte, es solo una red mayormente subterránea de hifas microscópicas.

Armillaria gallica en un bosque canadiense de la provincia de Ontario. Foto Paul Derbyshire, Wikimedia Commons.

Rizomorfos de *Armillaria.* Foto Eric Steinert, Wikimedia Commons.

Los mismos investigadores realizaron una nueva visita al sitio treinta años después y, mediante el análisis del genoma de *Armillaria*, obtuvieron resultados aún más asombrosos. Las mutaciones encontradas en las células somáticas del individuo, que reflejan su patrón histórico de crecimiento desde su origen, indicaron que su tasa general de mutación es extremadamente baja, es decir, que se caracteriza por una amplia estabilidad genómica. Concluyeron ahora que su edad alcanza los 2500 años y su biomasa asciende a unas 400 toneladas, bastante mayores que las estimadas inicialmente.

La capacidad de crecimiento de los hongos está condicionada por la disponibilidad de recursos, en particular, por los contenidos por el suelo u otro sustrato del cual obtienen los nutrientes. ¿Sería posible que hubiera hon-

gos capaces de aprovechar de forma ilimitada los cuantiosos recursos de un bosque y así perpetuarse en el espacio y el tiempo?

Para contestar esta pregunta, consideremos dos cuestiones: el acceso a nuevas fuentes de alimento implica la necesidad de crecimiento constante, aunque el organismo permanezca en el mismo lugar; y para evitar el envejecimiento se requiere que la división celular, necesaria para el crecimiento del organismo, se produzca sin daños en el ADN, es decir, que el hongo tenga mecanismos de reparación o de evasión de esos daños.

En el caso de *Armillaria*, los *rizomorfos* –estructuras del micelio en forma de filamentos tubulares constituidas por manojos de hifas–, que crecen por su extremo o ápice y absorben los nutrientes del sustrato, son el órgano de colonización de nuevas fuentes de alimento. Se supone que la capacidad de las puntas de los rizomorfos de moverse por el sustrato impulsadas por la división celular, con su consecuente alargamiento detrás de ellas, es uno de los posibles mecanismos de evitar el envejecimiento. A esto se suma la posibilidad de que las células que perpetúan el linaje reciban ADN antiguo, mientras que las células comprometidas únicamente con el desarrollo local reciban el nuevo. De esta manera las primeras, es decir, las puntas de los rizomorfos, tendrían menos mutaciones que las últimas. CH

Sebastián Kravetz
sebastiankravetz@yahoo.com.ar

Más información en DALEY J, 2018, 'This humongous fungus is as massive as three blue whales', *Smithsonian Magazine*, accesible en *https: //www.smithsonianmag.com/smart-news/mushroom-massive-three-blue-whales-180970549/#QczvM46CDJJxzuSf.99*, y en ANDERSON JB *et al.*, 2018, 'Clonal evolution and genome stability in a 2,500-year-old fungal individual', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, DOI *10.1098/rspb.2018.2233*.

Poder mental

Alrededor del 20% de la población mundial vive en condiciones de pobreza. Lo componen personas que generalmente sufren necesidades y se ven a menudo frente a restricciones alimenticias, materiales, de entretenimiento, etcétera. Eso significa que están sometidas a más y mayores situaciones de autocontrol que quienes poseen más alto poder adquisitivo. Todos necesitamos autocontrol para alcanzar metas o para tomar decisiones que permitan mejorar la situación futura a expensas de no satisfacer un deseo o una necesidad inmediata. Pero si bien esa capacidad de controlar los deseos es una de las grandes fortalezas del ser humano, requiere considerable esfuerzo mental.

Un experimento reciente demostró que, a lo largo del día, las personas pierden progresivamente su capacidad de autocontrol a medida que se repiten situaciones que lo requieren. De esta manera, cuanto mayor el número de decisiones sucesivas a tomar por un individuo que requieren autocontrol, menor su capacidad de tomarlas. Es decir, se produce un círculo vicioso, pues una persona sometida a restricciones tiende a tomar malas determinaciones, las que lo someten a más restricciones.

Con el fin de comparar las capacidades cognitivas de personas en situación de pobreza con las de aquellas en buena situación económica, dos grupos de investigadores realizaron sendos experimentos. El primero sometió a los participantes tomar una serie de decisiones de las que unas eran importantes y otras ligeras, y luego evaluó su rendimiento en pruebas diseñadas para medir capacidades cognitivas. Agrupó a los participantes en ricos y pobres, según fuera su nivel de ingreso económico. Los ricos mostraron mejor rendimiento que los pobres luego de haber tomado tanto decisiones importantes como ligeras; los pobres, en cambio, exhibieron peor rendimiento cognitivo luego de haber tomado decisiones importantes que el comprobado luego de tomar decisiones ligeras, y en ambos casos los pobres rindieron menos que los ricos.

El segundo grupo experimentó con campesinos de la India antes y después de la cosecha de caña de azúcar. Esos agricultores llegan al momento de cortar la caña con deudas y problemas financieros, y al venderla reciben más del 60% de su ingreso anual, con lo cual entran en una temporada de abundancia y bienestar en comparación con la situación restrictiva anterior a la zafra. El experimento reveló que las mismas personas rinden mejor en las pruebas cognitivas tomadas después de la cosecha, cuando están sometidos a menos situaciones de autocontrol, que en las realizadas antes de ella.

Teniendo en cuenta que nuestro cerebro tiene capacidades cognitivas limitadas, los resultados sugieren que, en personas en situación de pobreza, parte de esas capacidades están comprometidas con tareas que afectan sus decisiones. CH

Federico Coluccio Leskow
fedocles@gmail.com

Más información en VOHS KH, 2013, 'The poor's poor mental power', *Science*, 341, 969-970, y en MANI A *et al.*, 2013, 'Poverty impedes cognitive function', *Science*, 341, 976-980, accesibles en *https: //science.sciencemag.org/content/341/6149/969* y *https: //science.sciencemag.org/content/341/6149/976*.

Antidepresivos durante la infancia

Las hormonas son compuestos que actúan como mensajeros químicos en muchos organismos, pues comunican células y tejidos. La *serotonina* es una *neurohormona*, ya que cumple esa función en el tejido nervioso. Es clave para regular procesos esenciales como la respiración, el metabolismo o la reproducción. En los seres humanos modula, entre otras cosas, el sistema cardiovascular y una amplia gama de funciones de la mente, entre las que se encuentra la *cognición* o capacidad de procesar información del entorno y, por ende, de contribuir a respuestas emocionales ante condiciones desfavorables o estresantes del medio.

La relevancia de la serotonina para el humor de los individuos es tal que en el tratamiento de determinados trastornos emocionales –incluida la depresión mayor y la ansiedad– se utilizan fármacos diseñados con el objeto de incrementar la cantidad de serotonina disponible y así influir sobre el funcionamiento cerebral. Técnicamente se llaman *inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina* y su acción consiste en bloquear los transportadores de serotonina encargados de removerla (*recaptarla*) de su lugar de acción una vez liberada. De esta forma, al no haber *recaptación* se prolonga la acción de la hormona. Entre esos fármacos está la *fluoxetina*, que es el principio activo de medicamentos vendidos con diversas marcas comerciales, entre otras, Prozac, de amplia utilización en psiquiatría.

El éxito terapéutico de estas drogas en pacientes adultos no solo se debe a su efectividad sino, también, a que producen limitados efectos secundarios indeseados. Sin embargo, estudios preclínicos –los que se deben hacer con los medicamentos antes de

ensayarlos en seres humanos– llevados a cabo en su mayoría en roedores demostraron que tratamientos realizados durante etapas tempranas de la vida pueden dar lugar, en la adultez, a mayor vulnerabilidad emocional, niveles más elevados de ansiedad y trastornos depresivos.

Una investigación reciente, en la que tomó parte el autor de esta nota, publicada en la revista *Molecular Psychiatry* en mayo de 2019, mostró que los inhibidores de la recaptación de serotonina interactúan durante el desarrollo con las neuronas de la corteza prefrontal del cerebro, la cual se activa durante diversas actividades cognitivas de planeamiento y coordinación. El estudio llevó a concluir que, durante la infancia de los ratones, la formación y la conectividad de ciertos circuitos neuronales de la corteza prefrontal resultan perturbadas por estas drogas. En particular, quedan afectados aquellos circuitos relacionados con las respuestas al estrés y con los estados emocionales, que además tienen la particularidad de contener las neuronas cerebrales que fabrican la serotonina. Los autores también descubrieron una posible causa de este efecto no deseado: el transportador de serotonina, sobre el cual actúan las drogas que nos ocupan, se encuentra presente en ciertas neuronas de la corteza prefrontal durante un período específico de la infancia.

Junto con la constatación de que las neuronas de la corteza prefrontal alteradas por la exposición a fluoxetina durante el neurodesarrollo inducen cambios en las respuestas emocionales de los ratones adultos, los investigadores advirtieron que la activación de dichas neuronas es suficiente para normalizar tanto los niveles de ansiedad como los trastornos depresivos aun en casos de exposición temprana al antidepresivo.

Una pregunta importante que surge de dicha investigación es si lo constatado en los ratones de laboratorio es extrapolable a los seres humanos. Análisis recientes de tejido cerebral de fetos mostraron que el transportador recaptador de serotonina se encuentra presente en varias regiones de la corteza cerebral durante el desarrollo intrauterino. En consonancia con estos hallazgos, existen estudios clínicos que muestran un incremento en la vulnerabilidad de los individuos a padecer trastornos del humor en la adolescencia y la adultez si fueron expuestos a estas drogas durante la vida intrauterina y la lactancia. Esto hace cuestionar el uso de este tipo de fármacos antidepresivos durante dichas etapas tempranas de la vida. CH

Mariano Soiza Reilly
msoizareilly@fbmc.fcen.uba.ar

Más información en Soiza-Reilly M *et al.*, 2019, 'SSRIs target prefrontal to raphe circuits during development modulating synaptic connectivity and emotional behaviour', *Molecular Psychiatry*, 24: 726-745. DOI *10.1038/s41380-018-0260-9*.

Origen y evolución de las células eucariotas

Según explica Mathias Germain en la revista francesa *La Recherche*, después de doce años de trabajo, microbiólogos japoneses han logrado por primera vez aislar y cultivar células procariotas (células sin núcleo) pertenecientes al grupo de las *arqueas de Asgard*, unos microorganismos unicelulares que llevan un nombre tomado de la mitología escandinava y viven en las cercanías de fuentes termales submarinas. La comunidad científica los considera apasionantes por verlos como un eslabón esencial en la aparición de células eucariotas (células con núcleo), las cuales caracterizan a cuatro de los grandes grupos de seres vivos popularmente conocidos como reinos: protistas, animales, plantas y hongos. Las arqueas de Asgard presentan secuencias de ADN comunes con las de esos cuatro grupos.

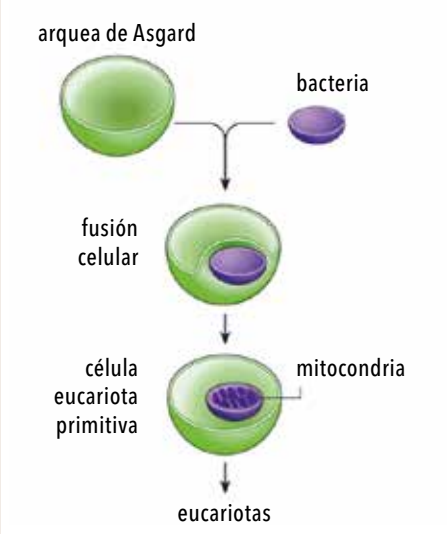
En el árbol de la vida se pueden reconocer tres grandes familias de células: arqueas, bacterias y eucariotas. Las dos primeras carecen de núcleo en que se aloje su ADN y de mitocondrias para producir energía, en oposición a las células eucariotas. Una de las teorías formuladas sobre el origen de las células eucariotas (llamada de *endosimbiosis serial*) postula que son el fruto del encuentro ocurrido hace 2000 millones de años entre arqueas de Asgard y bacterias. La bacteria, englobada por la arquea, habría devenido en la usina de producción de energía de esta. Para confirmar esta hipótesis, los microbiólogos se interesaron especialmente en las arqueas de Asgard, pero hasta el presente no se había podido cultivarlas y se las conocía solo por el estudio de su genoma. El trabajo realizado por los nipones Hiroyuki Imachi y Ken Takai, de la agencia japonesa para la Ciencia y la Tecnología del Mar y la Tierra, de Yokosuka, cambió el escenario. Los nombrados tomaron muestras de sedimentos del fondo del mar del Japón, recogidos de 2500 metros de profundidad, y las acondicionaron en un biorreactor que imitaba las condiciones de la ventilación de metano en agua profunda. Dejaron que durante cinco años se multiplicaran los microrganismos presentes en el reactor y luego estudiaron las muestras. Los análisis genéticos revelaron la presencia de arqueas de la familia de Asgard, a las que aislaron y cultivaron pacientemente con el fin de que se multiplicaran. Así determinaron que en ellas la división celular se produce cada dos a tres semanas (mientras que las bacterias lo hacen en apenas una hora).

Gracias al cultivo estable logrado después de algunos años de trabajo, el estudio de estas arqueas deparó varias sorpresas. Una fue que no habían llevado al laboratorio una sola especie sino dos viviendo en simbiosis: la primera, bautizada *Prometheoarchaeum syntrophicum*, descompone los aminoácidos y libera hidrógeno, el que alimenta a su acompañante, denominada *Methanogenium*. Esto ayuda a la reducción de la cantidad de hidrógeno y evita que su exceso impida prosperar a la primera arquea. Otra sorpresa fue que la primera tiene una morfología compleja, formada por largos y finos tentáculos en los cuales pueden refugiarse otros microrganismos. ¿Habría esta disposición permitido la simbiosis con una bacteria susceptible de convertirse en una mitocondria?

Estos son resultados controvertidos por otros autores, entre ellos el microbiólogo Patrick Forterre, del Instituto Pasteur de París, un especialista en procariotas para quien el sistema hallado no constituiría un estadio intermediario entre arqueas y eucariotas. De cualquier forma, la proeza realizada por los japoneses permite esperar que el cultivo de otras arqueas lleve a una mejor comprensión del papel desempeñado por esos organismos en la evolución de la complejidad celular de los eucariotas, en estos momentos uno de los principales enigmas de la biología. CH

Mariano Martinez
mmartinez@macn.gov.ar

Más información en GERMAIN M, 2019, 'Une équipe japonaise parvient à cultiver des archées d'Asgard', *La Recherche*, 552: 24, y en IMACHI H *et al.*, 'Isolation of an archaeon at the prokaryote-eukaryote interface', *BioRxiv*, DOI 10.1101/726976.



Esquema ilustrativo del encuentro hace 2000 millones de años de una arquea de Asgard y una bacteria, descendientes de un ancestro común universal. Ese encuentro generó una célula eucariota, es decir, una célula con núcleo –como las humanas– que tiene una mitocondria en su interior, fuera del núcleo.

Lautaro Zubeldia Brenner
Centro de Estudios de Historia de la Ciencia y la Técnica
José Babini, UNSAM

Producción nacional de vacunas: ¿una meta imposible?

En el escenario global, el mercado de las vacunas ha venido sufriendo importantes transformaciones desde principios de la década de 1990, las que desembocaron, entre otras cosas, en las crecientes diferencias que hoy se advierten entre las vacunas utilizadas en los países centrales (o desarrollados) y los periféricos (o en desarrollo).

Al presente se distingue entre *vacunas tradicionales* (o de primera generación) y *vacunas modernas* (o de segunda generación). La diferencia entre unas y otras está marcada por la revolución biotecnológica que tuvo lugar durante las décadas de 1970 y 1980, cuando se lograron crear en laboratorio moléculas de ADN inexistentes en la naturaleza, formadas por la unión de fragmentos de ADN de distinto origen. El resultado de esos experimentos se denominó *ADN recombinante*, el cual fue objeto del premio Nobel de química de 1980 (al estadounidense Paul Berg). La innovación encontró muy variadas aplicaciones tanto en medicina –por ejemplo, en las vacunas, que nos interesan acá– como en la investigación biológica, en la agricultura y en la industria. El ADN recombinante abrió el camino a los *organismos genéticamente modificados*, ubicuos en estos albores del siglo XXI. Para las vacunas, permitió fabricar masivamente pequeños fragmentos de proteínas que activan fuertemente el sistema inmune, es decir, que son muy *inmunogénicos*, y son inyectados para conferir protección. Se llaman *vacunas acelulares*, pues no se preparan con células completas sino con fragmentos proteicos de ellas, en contraposición con las vacunas de

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Es posible y conveniente sustituir importaciones de vacunas por producción nacional? ¿Por el Estado o por la empresa privada? ¿Cómo analizar estas cuestiones?

Edward Jenner, el inventor de la vacunación a fines del siglo XVIII, inmunizando a su hijo. Colección Wellcome, Wikimedia Commons.

primera generación, las que incluían el organismo patógeno completo, atemperado o muerto.

Ejemplos de la infinidad de vacunas de segunda generación hoy disponibles son la antitosferínica (o antipertussis) acelular, vacunas combinadas –entre ellas la aplicada contra el sarampión, la parotiditis o paperas y la rubeola– y la neumocócica conjugada ('conjugada' es un tecnicismo sobre los componentes de la vacuna). Todas las anteriores son vacunas eficaces, técnicamente muy complejas y de alto costo de desarrollo y fabricación. Los pasos necesarios para llegar a producirlas implican la movilización de importantes inversiones, por lo general solo al alcance de grandes empresas o de consorcios de ellas. Esto se debe no solo a la necesidad financiar costos iniciales que pueden ascender a miles de millones de dólares antes de que se reciban ingresos por la venta del producto, sino, también, al riesgo de que la inversión no se recupere porque, finalmente, la vacuna no pasa con éxito los ensayos con seres humanos.

Este último factor, presente en otras industrias por lo común en grado bastante menor, influye marcadamente en los altos costos de desarrollo y producción de vacunas (y en general de los medicamentos). Lo establece la regulación estatal por razones de protección del consumidor o, en este caso, de la salud pública, y la necesidad de implantar rigurosas salvaguardas éticas en procedimientos que necesariamente incluyen ensayos sobre personas.

Debido a lo anterior, para que se puedan realizar dichas inversiones en el presente marco jurídico de la mayoría de los países y del mercado global, existe entre otras cosas un engorroso sistema de patentes, por el cual inventores o innovadores quedan protegidos de la competencia por un cierto número de años (teóricamente los necesarios para que las inversiones se concreten).

Este conjunto de características contribuyó decisivamente a uno de los cambios en la estructura económica del mercado global de vacunas: la concentración en pocos productores de una parte sustancial de la producción de vacunas de segunda generación –aunque también de primera en algunos casos–, y por ende de los ingresos que generan. Según algunas fuentes, como el documento de 2010 de la OMS, Unicef y el Banco Mundial citado entre las lecturas sugeridas, esa concentración alcanzaría al 70-80% de los ingresos y no necesariamente aseguraría un permanente y fluido suministro del producto, según lo puso en evidencia la situación de escasez que se produjo en los Estados Unidos hacia finales del decenio de 1990.

Lo explicado significa que la Argentina –un país caracterizado como de desarrollo medio– se enfrenta en el concierto local e internacional con (i) mercados de vacunas típicamente oligopólicos, dominados por, a lo sumo, unos diez proveedores; (ii) altos costos de las vacunas de segunda generación comparadas con las tradicionales, y (iii) una brecha tecnológica difícil de acortar. Este contexto agrava las dificultades –que ya encuentra el Estado Nacional en casi todos los ámbitos– de establecer una política en materia de abastecimiento y producción de vacunas y medicamentos modernos.

Para buscar cómo superar dichas dificultades, puede tenerse en cuenta que, desde el inicio de la Revolución Industrial, en los países con trayectorias exitosas de desarrollo económico siempre han existido –en mayor o menor grado según los países, en forma estable o intermitente– medidas de fomento estatal de muy variado tipo. En otras palabras, con todas las imperfecciones de los procesos políticos necesarios para llegar a decisiones co-

La vacuna en Francia a comienzos del siglo XIX. Colección Wellcome, Wikimedia Commons.

lectivas, en sus esfuerzos por impulsar el desarrollo social y económico, los Estados nacionales siempre han tomado medidas en materia regulatoria, en su política impositiva, en el otorgamiento de subsidios, en asignar recursos a la investigación, en el ámbito educativo, en apoyo de la comercialización de nuevos productos, etcétera.

La economista Alice Amsden (1943-2012), profesora del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), fue una de las principales propulsoras de esta visión del Estado *desarrollista*, que describió en acción en países como Taiwán o Corea del Sur, en los que tuvo preponderancia y singular éxito. Incluso en aquellas economías avanzadas en las que predomina el discurso del libre mercado, como los Estados Unidos, se advierten no pocas medidas de proteccionismo económico, e incluso *políticas industriales ocultas*, al decir del sociólogo Fred Block, profesor emérito de la Universidad de California en Davis. La expresión que usó señala que muchas veces en su país se toman medidas intervencionistas de fomento industrial al tiempo que el discurso proclama la panacea del libre mercado. Dos conceptos contrapuestos.

Un instrumento al que muchos países con distintos regímenes económicos han recurrido en múltiples ocasiones para concretar acciones estatales desarrollistas es la empresa estatal, creada para complementar o excluir la empresa privada. En ámbitos académicos se han realizado numerosos análisis comparativos sobre las ventajas y los inconvenientes de ambas clases de empresas.

Así, la economista estadounidense nacida en Italia Mariana Mazzucato, profesora del University College de Londres, argumenta en su libro citado entre las lecturas sugeridas a favor de la activa participación del Estado nacional en la producción biofarmacéutica –y como parte de ella, de las vacunas–, tanto como orientador, coordinador, inversor de riesgo, regulador y, llegado el caso, también como empresario. Argumentos como los que esgrime han sido tomados por partidos políticos de diversos países e incorporados a sus plataformas. El ala izquierda del Partido Laborista del Reino Unido, por ejemplo, postula la necesidad de que el Estado Nacional ponga en marcha y opere una empresa estatal de producción de medicamentos y vacunas. Algo parecido sucede en otros países, y también existen plataformas políticas contrarias igualmente basadas en análisis académicos atendibles. Lo último se debe a que en las definiciones de políticas públicas entran muchos factores en adición al análisis académico, que varían con el tiempo y de país en país.

En el campo biotecnológico, la Argentina tiene algunas ventajas naturales, capacidades empresarias mayores que las usuales en economías periféricas y un número considerable de desarrollos. En comparación con otras regiones del mundo, la biotecnología moderna llegó relativamente tarde al sector empresarial latinoamericano. En su primer impulso, en la década de 1980, la Argentina desempeñó un papel destacado. Según datos de la Encuesta Nacional de Empresas Biotecnológicas, en 2015 había 201 de esas firmas en el país (dos tercios de ellas con menos de diez años de vida), distribuidas en una variedad de ramas productivas, sobre todo en salud humana y genética vegetal. Los capitales de la mayoría de esas empresas son nacionales, provenientes en su mayor parte de los más importantes grupos empresarios, pero algunas, como las de semillas transgénicas de uso agrícola, son subsidiarias de firmas multinacionales. Por cantidad de empresas biotecnológicas, la Argentina ocupa la posición 16ª entre los países del mundo, como se aprecia en el cuadro 1. Si bien los guarismos de los líderes mundiales están muy por encima de los locales, el número de empresas biotecnológicas activas en el país es similar al existente en muchos con PBI per cápita varias veces mayor. (Lo último es aún más marcado en el caso de México.)

Viene al caso recordar aquí un antecedente de producción estatal de vacunas: la creada y ensayada a mediados de la década de 1980, luego de vicisitudes que duraron unos treinta años, preventiva del mal de los rastrojos o fiebre hemorrágica argentina. Si bien el desarrollo final en laboratorio que dio lugar a la vacuna, lo mismo que los ensayos clínicos iniciales realizados en 1984, tuvieron lugar en los Estados Unidos, ellos estuvieron a cargo de Julio Barrera Oro (1926-2013), un investigador del Instituto Malbrán que había obtenido la cepa del virus, llamada *candid 1*, con la cual fue elaborada. En la Argentina, se comenzaron ensayos clínicos en 1986, en Pergamino, en el entonces Instituto Nacional de Estudios sobre Virosis Hemorrágicas, bajo la dirección de Julio Maiztegui (1931-1993), cuyo nombre hoy lleva dicho instituto. Después de la temprana muerte de este, se puso

en marcha allí, con el asesoramiento del Instituto Salk de los Estados Unidos, la adaptación de las instalaciones y el entrenamiento de personal para producir la vacuna en forma masiva, lo cual se concretó en 2001, a casi medio siglo de la primera descripción de la enfermedad.

La historia resumida en el párrafo anterior, sobre la que el lector podrá encontrar más detalles en otro número de esta revista (Weissenbacher M, Sabattini M y Enría D, 2012, 'La vacuna contra el mal de los rastrojos', Ciencia Hoy, 21, 126: 8-13), ejemplifica bien las dificultades, perspectivas y los logros de la producción estatal de vacunas en la Argentina. Hoy el país gasta anualmente no menos de entre 100 y 150 millones de dólares en vacunas importadas, en una estimación conservadora efectuada sobre datos del INDEC accesibles por internet. Por varios motivos resulta extremadamente complejo averiguar números globales más precisos, salvo para casos aislados. Así, según cifras que la especialista Dora Corvalán difundió por la agencia TSS de noticias tecnológicas y científicas de la Universidad Nacional de San Martín ('Las vacunas que faltan', 24 de septiembre de 2019), solo para las tres dosis de la vacuna contra la meningitis, conocida por la marca comercial Menveo, que se aplica a los once años, se necesita un presupuesto anual de unos 75 millones de dólares, a razón de 26 dólares por dosis, incluido el costo aduanero, para una población objetivo de unos 2,9 millones de individuos.

Pocas de las vacunas incluidas en el Calendario Nacional de Vacunación son fabricadas localmente. Los laboratorios de las Fuerzas Armadas y el Instituto Biológico de La Plata (del gobierno provincial) tienen capacidad para fabricar la doble bacteriana (difteria y tétanos), pero solo llegan a cubrir parte de la demanda. La antituberculosa conocida por BCG (por bacilo de Calmette-Guérin) era fabricada por dicho instituto platense hasta 2013. Hoy no se produce en la Argentina y se importa por un programa de la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud.

El mencionado instituto nacional de Pergamino (INEVH) ya no produce la vacuna candid 1 contra la fiebre hemorrágica argentina por falta de recursos para renovación de equipamiento. Además, candid 1 es considerada una *vacuna huérfana* –las que previenen enfermedades raras–, por lo que tiene un mercado demasiado pequeño para despertar el interés del sector privado. En tales circunstancias quedan como opciones el subsidio estatal a una empresa privada o la producción directa por el Estado.

La producción local (cuadro 2) se completa con la cuadrivalente contra el virus del papiloma humano (cuadrivalente porque tiene acción contra cuatro cepas del virus), la antigripal pediátrica y para adultos, y la antineumocócica conjugada 13 valente (13 cepas de neumococo), las tres producidas por empresas privadas. El resto de las vacunas del calendario obligatorio se importa por el programa de la OPS/OMS, con el consecuente efecto sobre la balanza de pagos.

El hecho de que el Estado Nacional asuma responsabilidades protagónicas, e incluso que encare por sí la producción de vacunas para determinados propósitos –y logre razonablemente hacer ambas cosas–, no excluye en el contexto jurídico-institucional argentino a la actividad de la empresa privada, más bien la requiere. El sector farmacéutico emplea en forma directa en el país alrededor de 42.000 personas. Es particularmente di-

Posición	País	Cantidad
1	Estados Unidos	11.367
2	España	2.831
3	Francia	1.950
4	Corea del Sur	939
5	Alemania	709
6	Reino Unido	614
7	Japón	552
8	México	406
9	Nueva Zelanda	369
10	Bélgica	350
11	Italia	300
12	Holanda	262
13	Irlanda	237
14	Israel	233
15	Suiza	233
16	Argentina	201
17	Noruega	200
18	Finlandia	157
19	Brasil	151
20	Dinamarca	134
21	Portugal	134
22	Austria	128
23	Polonia	122
24	República Checa	115
25	Suecia	102

Cuadro 1. Cantidad de empresas de biotecnología en los 25 países con mayor número de ellas, según datos de OCDE y (para la Argentina) la Encuesta Nacional de Empresas Biotecnológicas.

Vacuna	2016	2017	2018	2019
BCG (antituberculósica, llamada BCG por bacilo de Calmette-Guérin)	1.846.700	2.024.400	1.482.600	722.000
Triple bacteriana celular DPT (difteria, tétanos y tos ferina o convulsa)	1.273.600	1.200.000	500.000	899.500
Cuadrivalente HPV (4 cepas del virus del papiloma humano)	830.000	1.500.007	1.500.000	1.500.000
Antigripal adultos	6.059.390	8.700.000	7.800.000	8.100.000
Antigripal pediátrica	1.815.510	2.000.000	2.000.000	2.000.000
Neumocócica conjugada 13 valente (13 tipos o serogrupos de la bacteria *Streptococcus pneumoniae*)		4.000.000	4.000.000	Pendiente
Triple bacteriana acelular DPT-a	1.674.565	900.000	980.000	977.000
Doble bacteriana acelular DT-a (difteria y tétanos)	2.594.590	1.300.000	1.500.000	1.440.000
Meningocócica a, c, w135 e y (4 tipos o serogrupos de la bacteria *Neisseria meningitidis*)	1.484.255	1.155.935	1.651.600	1.120.000
Pentavalente DPT + HIB (*Haemophilus influenzae* tipo b) + HVB (hepatitis b)	3.339.809	1.700.000	2.050.000	1.670.000
Hepatitis a (pediátrica)	880.000	805.560	401.000	298.000
Hepatitis b (adulto)	1.000.000	2.533.400	3.000.000	1.450.000
Hepatitis b (pediátrica)	715.939	768.354	300.000	375.000
Rotavirus	1.600.000	1.555.670	1.100.000	815.000
Salk inyectable (virus inactivados de poliomielitis)	1.080.000	1.322.180	840.000	1.210.000
Sabin oral bivalente (2 cepas de virus atenuados de poliomielitis)	7.730.000	2.000.000	3.030.000	1.876.000
Triple viral SRP (sarampión, paratoditis o paperas y rubeola)	2.517.200	1.350.000	4.800.000	1.340.000
Varicela (pediátrica)	1.000.000	200.000	550.000	410.000

Cuadro 2. Dosis de vacunas adquiridas en los últimos cuatro años por el Estado Nacional, según datos del Ministerio de Salud y Desarrollo Social que nos fueron gentilmente comunicados por Dora Corvalán. En la mayoría de los casos, el número de pacientes excedió la cantidad comprada. Celeste, aquellas con patente vencida hace años cuya producción local podría incrementarse con una inversión relativamente baja; amarillo, vacunas producidas por el sector privado nacional; verde, importadas por el programa OPS/OMS. La columna de 2019 abarca hasta el 20 de mayo.

námico en materia de comercialización, y también posee una capacidad importante de producción de vacunas que se ajustan a los estándares internacionales, incluidas las antigripales, la preventiva del papiloma humano y la antineumocócica. Con frecuencia, esa capacidad está apuntalada por acuerdos de transferencia tecnológica con alguna de las grandes compañías farmacéuticas internacionales.

Se advierte en estos momentos, sin embargo, que solo existen débiles vínculos entre el mundo de las empresas y las instituciones, mayormente públicas, de ciencia y tecnología, tanto en general como en el área de vacunas y medicamentos. Según una encuesta realizada en 2015 por el entonces Ministerio de Ciencia y Tecnología a las 201 empresas argentinas de biotecnología, el 77% de ellas carecía de vínculos con ese tipo de instituciones. De las firmas que

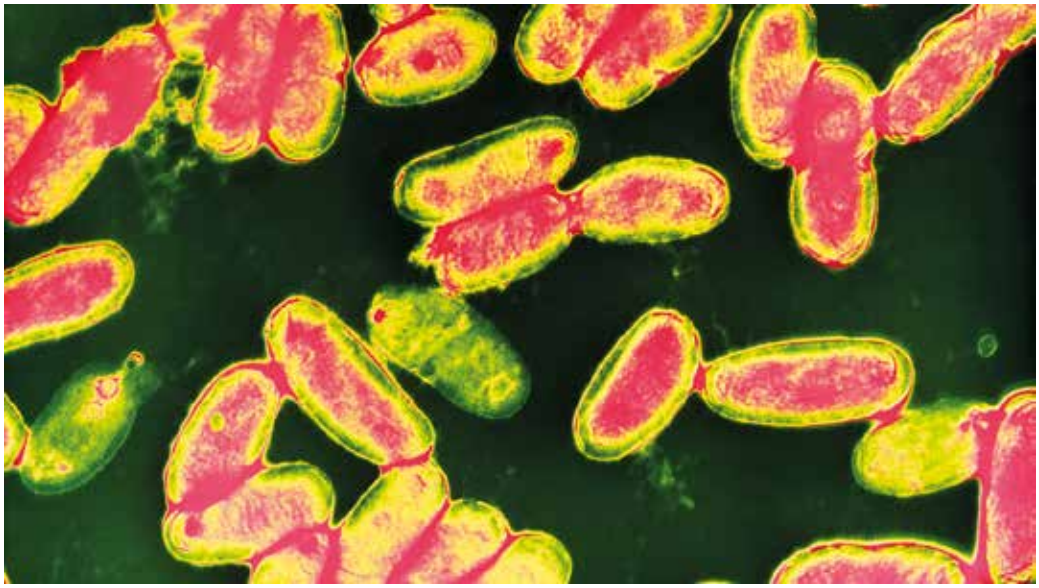


Imagen coloreada de microscopía electrónica de *Bordetella pertussis*, la bacteria causante de la tos convulsa.

sí los tenían, el 45% los había establecido principalmente para realizar pruebas y ensayos, y el 25% se había puesto en contacto con universidades por razones de capacitación o en procura de mejorar productos. Recíprocamente, encuestados en 2014 los grupos de investigación biotecnológica activos en la Argentina (182), se constató que solo el 38% de ellos había tenido relaciones con empresas o entidades sin fines de lucro. Incrementar los vínculos en ambas direcciones es sin duda una tarea pendiente.

El análisis de la fabricación local versus la importación de vacunas –lo mismo que su producción estatal versus privada– se realiza comparando costos y beneficios económicos, si bien técnicamente los economistas los llaman costos y beneficios sociales, porque no son los que recaen en el productor, sea estatal o privado, sino en toda la sociedad. Esto es algo confuso para el lego, porque esos costos siempre son de índole económica. Hay además costos y beneficios no económicos, a menudo difíciles de cuantificar, que es importante incluir en el análisis. Por ejemplo, los riesgos de depender de proveedores externos o las ventajas de poner en marcha o hacer crecer laboratorios locales, que fortalecen el sistema científico y, con el tiempo, podrían actuar como pares y competir con los externos.

Como comentario precautorio final, se puede señalar que la posibilidad de poner en práctica en forma exitosa muchas de las medidas que se podrían desprender de lo expuesto depende de la existencia de una economía con razonable estabilidad, algo que el país no ha logrado por muchas décadas. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2010, *Vacunas e inmunización: situación mundial*, OMS-Unicef-Banco Mundial, Ginebra.

AAVV, 2016, 'Las empresas de biotecnología en la Argentina', Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires. Accesible en *https: //www.argentina.gob.ar/sites/default/files/est_bio_las-empresas-de-biotecnologia-en-argentina-2016.pdf.*

AMSDEN A, 2001, *The Rise of 'The Rest': Challenges to the West from Late-Industrializing Economies*, Oxford University Press.

BERCOVICH N y KATZ J, 1990, *Biotecnología y economía política: estudios del caso argentino*, Centro Editor de América Latina-CEPAL, Buenos Aires.

BLOCK F, 2008, 'Swimming against the current: The rise of a hidden developmental State in the United States', *Politics & Society*, 20, 10: 1-38.

MAZZUCATO M, 2013, *The Entrepreneurial State: Debunking public vs. private sector myths*, Anthem Press, Londres.

VITAGLIANO JC y VILLALPANDO FA, 2003, 'Análisis de la biotecnología en la Argentina', documento de trabajo. Accesible en *http: //www.foarbi.org.ar/docs/BiotecArgV1.pdf.*

Lautaro Zubeldia Brenner

Doctor en ciencias biológicas, UBA. Becario posdoctoral del Conicet en el Centro de Estudios de Historia de la Ciencia y la Técnica José Babini, UNSAM.

lzubeldia@unsam.edu.ar

BD18469
Secretary of the Treas
A 28
ONE HUND
FRANKLIN
AND PRIVATE
SERIES
1999
d States.
8386
JULIO AR
B 135
ONE HU
47364869K

Mariana Luzzi
Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS)

Ariel Wilkis
Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)

El dólar, la popular moneda argentina

Nacida en la Argentina y radicada desde joven en los Estados Unidos, la socióloga Viviana Zelizer, profesora de la Universidad de Princeton, es una referencia contemporánea mayor en la sociología del dinero. Su obra ha puesto de relieve cómo las monedas, lejos de ser meros instrumentos de cambio, neutrales y siempre idénticas a sí mismas, son entidades redefinidas a cada paso por usos y significados contextuales e históricos. Al mediar determinadas relaciones sociales, en momentos y ámbitos de circulación específicos, una moneda se vuelve portadora de significados particulares, se halla habilitada para ciertos usos y a la vez excluida de otros, comunica algunos valores mientras obstruye otros. Asume así la forma de *moneda especial*.

La figura resulta poderosa para pensar el caso que nos ocupó durante cinco años de investigación. Para los argentinos, la moneda de los Estados Unidos no es otra cosa que una moneda especial: una que, en la medida en que es fuerte, permite preservar el valor que pierde el peso, y sirve para ahorrar o para realizar inversiones. También funciona como patrón estable para expresar los precios de la economía, sobre todo en contextos de inestabilidad. Pero, a la vez, es mucho más que eso: la cotización del dólar no solo nos habla de economía.

Tanto en la literatura académica como en el periodismo, suelen invocarse dos explicaciones de la persistente tendencia de los argentinos a recurrir a la divisa norteamericana. La primera carga todo el peso de su argumentación sobre la inflación. Desde la década de 1940, ciclos reiterados de aumentos graduales o violentos del nivel de precios han hecho del dólar un refugio natural de la pérdida de valor ante la depreciación de la moneda argentina. La segunda explicación de la predilección por el dólar deriva de las condiciones estructurales de la economía argentina. La economía nacional, sostiene, nunca escapa a la dificultad crónica de obtener tantos dólares como necesita para financiar su propio desarrollo. Esta restricción externa genera la escasez interna de la divisa norteamericana y, como corolario, para anticipar recurrentes devaluaciones y el crecimiento de su demanda. Los autores, sin embargo, consideramos que tanto la inflación como la restricción externa, si bien son condiciones necesarias, no lo son suficientes para entender por

¿DE QUÉ SE TRATA?

Una síntesis de las ideas argumentadas en un libro reciente de los autores

qué la moneda norteamericana asumió un papel relevante tanto en las prácticas como en los debates económicos de los argentinos. La Argentina no es el único país con una historia marcada por períodos de alta inflación –ahí está Brasil, sin mirar más lejos–. Tampoco es la restricción externa un rasgo exclusivo de su economía, pues la lista de países que presentan esta característica estructural es relativamente larga. En el libro que expone en forma extensa los argumentos que sintetizamos parcialmente aquí, no desconocimos estas explicaciones, pero las encontramos insuficientes para comprender cómo la divisa norteamericana se convirtió en una moneda especial para los argentinos.

La popularización del dólar en la sociedad argentina

El lento pero progresivo proceso de la popularización del dólar en la Argentina se desplegó desde la tercera década del siglo XX hasta la segunda del XXI. A lo largo de este extenso período, la información sobre el dólar pasó poco a poco de ser asunto de interés exclusivo para expertos en el mercado financiero o el comercio exterior a tema de relevancia pública y de interés político para sectores sociales cada vez más amplios.

A la vez, en un nivel diferente pero vinculado con el anterior, el dólar devino moneda de uso regular y corriente para actores sociales cada vez más diversos. Sin una serie de mediaciones previas muy determinantes, jamás habría sido posible esa incorporación de la moneda norteamericana en las prácticas de ahorro, inversión, crédito y consumo de sectores y actores con escaso contacto previo con el mercado financiero y cambiario. La más importante de ellas fue la conversión de la moneda norteamericana en artefacto de la cultura popular. El dólar se volvió familiar, fácil de decodificar, capaz de orientar cognitiva, emocional y prácticamente a quienes se internaban en universos económicos antes poco conocidos.

Desde la década de 1930, pero muy en especial desde la de 1950 hasta nuestros días, una nueva relación entre cultura popular, prácticas financieras y mercado cambiario tuvo como efecto una centralidad creciente del dólar en la economía, la política y la sociedad argentinas. La historia que resulta de nuestra investigación no es la de los grandes dueños o de las elites que lo atesoran, lo invierten o lo sustraen de la circulación local. Es la historia de su importancia creciente para la vida social del país, y de cómo devino una moneda popular, conocida por las grandes audiencias, cuyos vaivenes desvelan a un público mucho más amplio que el conformado por quienes poseen dólares.

Historia local de una moneda global

La historia monetaria internacional de la segunda mitad del siglo XX tuvo como protagonista indiscutido al dólar estadounidense. Luego de la Segunda Guerra Mundial, la victoria en los campos de batalla y en el desarrollo económico se reflejó en la supremacía de la divisa norteamericana en las relaciones monetarias internacionales. Los acuerdos intergubernamentales sellados en julio de 1944 en Bretton Woods, que decidieron la fundación del Fondo Monetario Internacional y del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento o Banco Mundial, consagraron la hegemonía del dólar. La moneda estadounidense sirvió a partir de entonces para establecer precios, negociar transacciones en el mercado mundial y otorgar créditos a países y empresas privadas. Las naciones consideraron al dólar un valor tan confiable como medio siglo antes lo había sido el oro –con el que por otra parte era convertible la paridad fija de 35 dólares la onza– y ello se reflejó en la composición de las reservas de sus bancos centrales.

El equilibrio logrado a la salida de la guerra, sin embargo, no duraría para siempre. Veinticinco años después, Estados Unidos decidió, de manera unilateral, dar por terminada dicha paridad: en 1971, el gobierno del presidente republicano Richard Nixon declaró la inconvertibilidad del dólar. Tal decisión tornó al dólar en una 'moneda salvaje', según la expresión del antropólogo australiano Chris Gregory, y a partir de entonces dinamizó los procesos de la economía asociados con el neoliberalismo.

A la luz de esta dinámica, la antropóloga Jane Guyer, nacida en Escocia y profesora de la Universidad Johns Hopkins, considera que, en la década de 1970, el mundo capitalista entró en una nueva fase de monedas múltiples, con el dólar como moneda global del comercio exterior a la vez que unidad de referencia y medio de cambio común en distintos escenarios regionales y nacionales.

Esta etapa en la que conviven, en un mismo espacio nacional, monedas diferentes, se caracteriza por una progresiva desagregación de funciones consideradas constitutivas de todo signo monetario. Desde finales del siglo XIX, en efecto, habían dominado los territorios de buena parte de las naciones occidentales monedas que eran a la vez unidad de cuenta para establecer el valor y fijar los precios, medio de cambio para saldar las transacciones e instrumento de atesoramiento capaz de preservar su valor a lo largo del tiempo. En las últimas décadas del siglo XX, en muchos casos esas funciones se desacoplan, desempeñadas no ya por una única moneda sino por va-

rias coexistentes. La habitual distinción entre monedas fuertes y débiles expresa esta transformación: solo aquellas capaces de operar como reserva de valor –entre ellas el dólar– serán consideradas internacionalmente fuertes, dominantes aun en espacios económicos nacionales con monedas patrias débiles.

La historia monetaria reciente de la Argentina, pero también la de países muy diferentes entre sí como Israel, Cuba, Ecuador, Nigeria, Rusia, Panamá o El Salvador, puede interpretarse a través de la profundización de la pluralidad monetaria que articula de manera duradera una moneda fuerte (el dólar) con una moneda blanda (en nuestro caso el peso). En este marco, el caso argentino suele ser presentado con el argumento de su carácter excepcional, a la luz de un dato muy contundente: la Argentina es el país del mundo con mayor cantidad de dólares por habitante si se exceptúan los Estados Unidos.

Este lugar central del dólar en nuestra sociedad y nuestra economía no fue resultado de una imposición externa, ni representa una rareza fruto de un pecado original que marcó los designios del país. Es el resultado de un proceso singular que hizo posible el arraigo de una moneda global en la vida económica y política de los argentinos, y la apropiación de ella por estos para convertirla en mucho más que un mero instrumento de intercambio o de reserva de valor.

Etapas de la popularización

Los usos y significados del dólar en la Argentina de la década de 1950 no son los mismos que los de las décadas de 1970 o 1980, o que los de la de 2010. Cada etapa de la popularización del dólar representa una innovación con relación a usos y significados heredados del pasado.

A lo largo del tiempo, las dinámicas fueron heterogéneas. La popularización varió en extensión: más grupos sociales se fueron vinculando con el mercado cambiario. Varió la generalización: más mercados y transacciones tomaron la divisa norteamericana como unidad de referencia o medio de pago. Y varió la intensificación: cada vez más aumentó la atención pública prestada a la moneda norteamericana.

La primera etapa de la popularización se ubica entre fines de la década de 1950 y principios de la de 1970, un período signado por una fuerte inestabilidad política y económica que se manifestaba, entre otras cosas, en una serie de devaluaciones periódicas de la moneda nacional. En ese período el dólar dejó de ser referencia exclusiva para los expertos de la economía o de la política y empezó a resultarle familiar a un público más amplio. La prensa cubría los movimientos bruscos del mercado cambiario, la publicidad convirtió al dólar en unos de sus íconos, la moneda norteamericana empezó a estabilizarse como termómetro de la realidad económica y política. Desde mediados de la década de 1970 hasta fines de la de 1980 –durante lo que los economistas suelen denominar régimen de alta inflación– la popularización del dólar se expandió y profundizó: una proporción creciente de distintos sectores sociales lo incorpora a sus repertorios financieros. Al mismo tiempo, algunos mercados domésticos (entre ellos el inmobiliario) pasan a utilizar el dólar como unidad de referencia y medio de cambio. La hiperinflación de 1989 señala sin dudas una inflexión en ese proceso. Ese año, que es también el del primer cambio presidencial posterior al regreso de la democracia en 1983, el dólar ocupó toda la atención pública: la fijación de precios y la realización de pagos en esa moneda alcanzaron a los servicios más cotidianos.

Tras esa experiencia de crisis monetaria terminal, que tuvo en la profundización del bimonetarismo una de sus principales expresiones, no llama la atención que el régimen de convertibilidad (1991-2001) haya sido planteado como un intento de legalización de prácticas que ya estaban extendidas, es decir, calcular, pagar, ahorrar e invertir en dólares. Los diez años de estabilidad cambiaria fueron también de cierto disciplinamiento econó-

139 AÑOS DE HISTORIA MONETARIA ARGENTINA

Nombre de la unidad monetaria	Peso moneda corriente	Peso moneda nacional	Peso ley 18.188	Peso argentino	Austral	Peso
Creada en	1826	1881	1970	1983	1985	1992
Instrumento legal	–	Ley 1130	Ley 18.188	Decreto-ley 22.707	Decreto 1093/85	Ley 23.928
Símbolo	$m/c	$m/n	$	$a	₳	$
Unidades de la moneda anterior	–	25	100	10.000	1000	10.000
Vigente hasta	1881	1970	1983	1985	1992	Vigente

Se puede argumentar que la historia monetaria de la Argentina moderna comenzó en 1881. Antes existía una multiplicidad de monedas según las provincias, de las que la indicada en el cuadro, el peso moneda corriente de la provincia de Buenos Aires, siguió circulando por un tiempo con el valor indicado en $m/n. El peso actual, establecido en 1992, fue convertible a la par con el dólar hasta 2002. Desde 1881 la unidad monetaria argentina perdió trece ceros.

mico, de la mano de una profunda transformación del sistema financiero, que se concentró y abrió al capital extranjero al tiempo que creció la dolarización de los depósitos y los créditos bancarios. Las dramáticas consecuencias de ese proceso quedaron al desnudo en la crisis de 2001.

Esta crisis y el nuevo ciclo político que se inició en 2003 no significaron el fin del largo proceso de integración de la moneda norteamericana en los repertorios financieros de los argentinos, pero sí introdujeron algunas novedades en esa historia de larga duración. En primer lugar, la crisis de 2001-2002 fue la primera en que actores como los ahorristas o los deudores hipotecarios, movilizados de manera sostenida, articularon demandas específicas con relación a la moneda norteamericana. Tales demandas fueron un claro emergente de la historia de popularización del dólar que relatamos. En esa línea, no resulta desatinado ubicar los reclamos de acceso al mercado cambiario registrados entre 2011 y 2015 como expresión de ese mismo proceso. Una de las grandes novedades del período es que la popularización del dólar se articula de una manera inédita hasta entones con la lógica de derechos. Esto tendrá gravitación importante en el resultado de las elecciones que llevaron a Mauricio Macri a la presidencia de la República. La otra gran novedad es que entre 2011 y 2015 la popularización del dólar fue puesta por primera vez en discusión en ámbitos estatales. Ello tomó la forma de llamado a una batalla cultural por la desdolarización de la economía, que acompañó la implementación del denominado 'cepo cambiario' y tuvo un eco notable en el debate público.

Dólar, institución política

La sociología del dinero se propone descubrir los múltiples usos y significados sociales de los que es objeto el dinero, más allá de las mencionadas funciones que habitualmente la economía asigna a las monedas. En esta perspectiva, la historia de la popularización del dólar en la Argentina muestra que, más allá de la esfera mercantil, la moneda norteamericana desempeña un papel central en la vida social.

Desde hace los casi cuarenta años transcurridos a partir del retorno al régimen constitucional en 1983, la democracia argentina se encuentra atrapada en la ley de hierro de un proceso que se retroalimenta: la popularización del dólar es la fuente de la centralidad no solo económica sino también política de la moneda norteamericana, y esa misma centralidad intensifica su carácter de moneda popular argentina. En casi todas las elecciones presidenciales desde entonces, el mercado cambiario fue consolidándose como una verdadera institución política de la democracia local. Los actores políticos, tanto oficialistas como opositores, miden sus posibilidades de éxito o fracaso con el escurridizo valor de la moneda estadounidense. Más se encarece el dólar, más se aleja para el gobierno en funciones la posibilidad de un triunfo electoral. Mientras tanto, los ciudadanos no pueden dejar de prestar atención a las oscilaciones del billete verde. En ellas leen el rumbo de la economía y también las alternativas de la política. Para unos y otros –expertos y profanos, políticos profesionales y simples electores– ignorar esa cifra que los medios de comunicación informan a diario equivale a quedar excluidos de la vida política. CH

LECTURAS SUGERIDAS

GREGORY CA, 1997, *Savage Money: The anthropology and politics of commodity exchange*, Harwood Academic, Ámsterdam.

LUZZI M y WILKIS A, 2019, *El dólar: historia de una moneda argentina (1930-2019)*, Crítica, Buenos Aires.

ROIG A, 2016, *La moneda imposible: la convertibilidad argentina de 1991*, FCE, Buenos Aires.

WILKIS A, 2013, *Las sospechas del dinero: moral y economía en el mundo popular*, Paidós, Buenos Aires.

ZELIZER V, 2011, *El significado social del dinero*, FCE, Buenos Aires.

Mariana Luzzi

Doctora en sociología, École des Hautes Études en Sciences Sociales, París.
Investigadora adjunta del Conicet en el Instituto de Ciencias, UNGS.
mariana.luzzi@gmail.com

Ariel Wilkis

Doctor en sociología, École des Hautes Études en Sciences Sociales, París-UBA.
Investigador adjunto del Conicet en el Instituto de Altos Estudios Sociales (IDAES), UNSAM. Decano de dicho instituto.
Profesor adjunto, UNSAM.
ariel.wilkis@gmail.com

Alejandro G Farji-Brener
Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA),
Universidad Nacional del Comahue-Conicet

Transporte cooperativo en hormigas

Cómo actúan al unísono sin control central

Individuos y grupos

Cada uno de los peces de un cardumen o de las aves de una bandada no recibe directivas externas ni sabe qué están haciendo los integrantes lejanos de su grupo. Sin embargo, ambos conjuntos de animales son capaces de moverse en formación de maneras increíblemente precisas. Conocer cómo integrantes individuales de aglomeraciones logran actuar al unísono y sin un control central para llevar a cabo comportamientos colectivos complejos es un tema de fundamental importancia tanto teórica como práctica. Descubrir los mecanismos que posibilitan tal resultado puede ayudar a comprender mejor el funcionamiento de otros sistemas descentralizados, entre ellos las redes neuronales biológicas y sus homónimas artificiales propias de los campos de la computación y la robótica.

Las hormigas son ideales para analizar los mecanismos que permiten la coordinación de individuos independientes y resultan en comportamientos colectivos descentralizados. Primero, son fáciles de observar y se puede manipular a los integrantes de grupos de manera relativamente sencilla. Segundo, sus comportamientos individuales no responden a órdenes externas. La hormiga reina no conoce ni influye en el comportamiento de las obreras, y la mayoría de las actividades que realizan las obreras, incluyendo el cuidado de larvas, las labores higiénicas y el forrajeo, entre otras, se llevan a cabo sin control central alguno. Tercero, pese a que las diversas especies de hormigas presentan muy variadas formas de alimentación, en su mayoría son omnívoras e incluyen en su dieta tanto insectos vivos como muertos. Esto implica que a menudo deben manipular presas que las superan varias veces en tamaño, para lo que es necesaria la

¿DE QUÉ SE TRATA?

Transporte cooperativo en hormigas: cómo lograr consenso sin control central.

Los peces de un cardumen o los gansos silvestres de una bandada son capaces de moverse al unísono en formación, sin un control central y de maneras increíblemente precisas. Foto peces, Krzysztof Bargie, Shutterstock.

participación de varios individuos. Finalmente, es notable la disparidad entre lo que pueden hacer estos insectos individualmente y lo que hacen colectivamente. Así, las obreras se enlazan y generan puentes vivientes o excavan y construyen enormes hormigueros subterráneos de intrincadas disposiciones.

Un comportamiento complejo de las hormigas producto de interacciones individuales que no resultan de directivas externas es el *transporte cooperativo*, definido como el movimiento de un objeto de un lugar a otro por un grupo de individuos actuando al unísono. El transporte cooperativo permite a las hormigas mover elementos miles de veces más pesados de lo que podría cargar un individuo, y les da importantes ventajas para la remoción de obstáculos y la recolección de alimento. Por ejemplo, las hormigas cortadoras de hojas pueden remover de forma cooperativa fragmentos de hojarasca que obstruyen sus senderos de forrajeo, y así acelerar el ingreso de alimento al nido.

El transporte cooperativo de alimento puede representar una gran ventaja. Primero, los alimentos más ricos en proteínas disponibles en ciertos ambientes –como los cadáveres de ciertos insectos– poseen un tamaño que no permite su transporte por una hormiga. Segundo, un rápido transporte de comida al nido reduce mucho la probabilidad de perder la presa en manos de competidores, en comparación con fragmentarla en el sitio del hallazgo. Tercero, acceder a fragmentos más grandes de alimento incrementa la calidad y cantidad de comida de una colonia. Finalmente, el transporte cooperativo puede ser más rápido que repartir la misma carga entre un número semejante de individuos.

Sin embargo, el transporte cooperativo solo se observa en aproximadamente 40 de los casi 300 géneros de hormigas actuales, y posee una gran variabilidad en cuanto a eficiencia. En algunas especies del género *Pheidole*, que incluye un millar de ellas, originario de América pero hoy de distribución global, las hormigas acarrean al nido casi el 80% de su alimento en forma cooperativa. La hormiga hilandera *Oecophylla longinoda*, natural del África tropical, puede acarrear colectivamente con gran coordinación hasta pequeños vertebrados desplazándose por troncos verticales. La hormiga loca *Paratrechina longicornis*, también originaria de los trópicos africanos y hoy igualmente universal, puede evadir obstáculos en forma eficiente al realizar transporte cooperativo. Otras especies, en cambio, fracasan en sus intentos de realizar trasporte cooperativo porque sus individuos intentan mover el objeto en diferentes direcciones y no llegan a alinear sus movimientos. Esto sugiere que los mecanismos para lograr consenso sin control central están poco desarrollados o ausentes en algunas especies de hormigas. De hecho, el

Arriba. Puente viviente de hormigas hilanderas de la especie *Oecophylla smaragdina*, autóctona en el Asia tropical y en Australia. Cada hormiga puede medir entre unos 5 y 10mm de largo. Foto R Thumboor, Wikimedia Commons.

Derecha. Hormigas rojas *Oecophylla smaragdina* transportan en forma cooperativa en el sudeste asiático una lagartija muerta. Foto Basile Morin, Wikimedia Commons.

La capacidad de constituir puentes vivientes se observa en diversas especies de hormigas. El que vemos en este caso entre dos hojas fue extendido por las pequeñísimas hormigas faraón (*Monomorium pharaonis*), posiblemente originarias del África tropical y hoy presentes en todos los continentes menos la Antártida. Cada individuo puede medir entre unos 2 y 3mm de largo.

transporte cooperativo ocurre solamente en humanos y hormigas, lo cual sugiere que podemos considerar el comportamiento como un desafío evolutivo, y que las especies de hormigas que lo adquirieron constituyen sujetos ideales de estudio para comprender la evolución y el mantenimiento de tan particular conducta.

Cómo lograr acuerdos sin directivas externas

¿Qué factores determinan que algunas especies sean más eficientes que otras en el transporte cooperativo? Luego de que un número adecuado de hormigas se ubica alrededor del objeto a transportar, deben tomar una decisión grupal sobre la dirección hacia la cual moverse. Las especies eficientes logran hacerlo rápidamente, mientras que las ineficientes fallan o tardan mucho tiempo, porque cada individuo trata de mover el objeto en distinta dirección. Investigaciones detalladas en los artículos de *Myrmecological News* (2013) y de *Insectes sociaux* (2014) citados entra las lecturas sugeridas, han puesto de manifiesto algunos comportamientos que podrían incrementar la eficiencia de dicho transporte. Se ha descubierto que en algunas especies el descubridor del alimento lidera la coordinación del movimiento: remover a dicha hormiga del grupo ocasiona el fracaso del transporte colectivo. En otras especies, las hormigas que se agregan al grupo durante el transporte reorientan el movimiento en la dirección correcta. Otras veces las más perseverantes imponen la dirección del transporte. Sin embargo, estos mecanismos aún no se conocen en profundidad.

Se puede considerar eficiente al transporte cooperativo si las hormigas logran acuerdo sobre la dirección a tomar y el tamaño del grupo necesario para la tarea. Como es obvio, si no logran acordar la dirección del viaje, el objeto no se moverá; y lo mismo terminará sucediendo si la cantidad de participantes es escasa o excesiva. Para lograr consenso sin directivas externas, es necesario que los individuos que forman el grupo de transporte intercambien información, de forma directa o indirecta. Pese a que las hormigas utilizan gran cantidad de modos de comunicación directa, la propia naturaleza del transporte cooperativo sugiere que, para esta tarea, la comunicación es principalmente indirecta, a través de las fuerzas

que llegan a los individuos del objeto que transportan. Si, por ejemplo, de cinco hormigas que tratan de mover un objeto, tres intentan llevarlo hacia el norte mientras dos tratan de desplazarlo hacia el sur, estas últimas, al percibir una mayor fuerza en sentido contrario al que ellas procuran avanzar, pueden cambiar de dirección y acoplarse a la mayoría.

Hacia dónde ir: virtudes y limitaciones de la persistencia

Una forma de acordar hacia dónde ir es aceptar hacerlo en la dirección escogida por un individuo muy persistente. En este contexto, la *persistencia* se define como *la resistencia de un individuo a cambiar la dirección independientemente de los estímulos que reciba*. Pero el efecto de la persistencia tiene límites: grupos conformados solamente con individuos persistentes que intenten mover un objeto en direcciones opuestas jamás lograrán avanzar, pero otros solo compuestos por hormigas con poca persistencia tampoco alcanzarán acuerdo sobre la dirección del movimiento, porque estarán todo el tiempo cambiando de rumbo. En consecuencia, podemos concluir que las especies de hormigas exitosas en materia de transporte colectivo deben caracterizarse por una alta variación en la persistencia de sus integrantes. Trabajos teóricos y experimentales recientes realizados en Arizona avalan esta hipótesis. Fueron publicados en *Insectes sociaux* (2014), en uno de los artículos sugeridos al final como lectura.

Por otro lado, el transporte cooperativo fracasará si la persistencia no se asocia con el conocimiento de la dirección correcta. En otras palabras, los grupos exitosos deben incluir individuos no solo persistentes sino también capaces de discernir la dirección adecuada del transporte cooperativo. Por ello, analizar la relación entre persistencia y conocimiento de la dirección adecuada de transporte es fundamental para comprender mejor cómo se logran acuerdos para mover un objeto sin recibir directivas de un control central.

Importancia de las características del objeto y del entorno

Una cantidad insuficiente o excesiva de individuos que participen en un transporte cooperativo puede reducir la probabilidad de que este se lleve a cabo eficientemente. Se puede postular que el número óptimo de individuos para alcanzar la eficiencia de dicho transporte

Hormigas rojas de la especie *Messor minor* manipulando alimento en Italia, aunque la foto no las muestra transportándolo de manera cooperativa. La especie es nativa de las costas del Mediterráneo y es dominantemente granívora.

Camponotus sericeus, nativa del África y del Cercano y Medio Oriente, fotografiada transportando alimento en forma cooperativa. Eyal Privman, Universidad de Haifa.

dependerá de las características del objeto a transportar y de las del entorno. Por ejemplo, un incremento del peso o del tamaño de un objeto requerirá un aumento en el número de hormigas requerido para transportarlo eficientemente. Objetos con grandes irregularidades podrían concentrar demasiadas hormigas en los puntos de agarre y generar interferencias entre los transportistas. Irregularidades del terreno, entre ellas la rugosidad, determinan un aumento en la cantidad de hormigas necesarias para realizar un transporte cooperativo eficiente, porque sustratos más rugosos ofrecen una mayor resistencia al arrastre de objetos u obligan a levantarlos del suelo y, en consecuencia, resultan necesarias más hormigas para poder hacerlo.

Las hormigas como modelo de estudio

Peces que constituyen cardúmenes, aves que forman bandadas, hormigas que transportan objetos cooperativamente, neuronas que forman cerebros. Los mecanismos que permiten la coordinación de componentes simples para lograr comportamientos colectivos complejos pueden ser muy similares pese a la gran diversidad de los sistemas a los que dichos componentes pertenecen. Así, el proceso por el que los primates toman decisiones mediante la acción de grupos de neuronas cerebrales es similar a aquel por el cual ciertos insectos sociales seleccionan sitios para construir el nido, no obstante las notables diferencias entre ambos sistemas. Los mecanismos comunes a todos estos casos incluyen interacciones indirectas originadas en modificaciones del entorno, e interacciones directas que generan circuitos de retroalimentación positiva o negativa.

En consecuencia, analizar cómo se generan propiedades colectivas sin control central en sistemas relativamente simples de observar, y en los que resulta relativamente sencillo poner a prueba ideas, hacer manipulaciones y analizar comportamientos, como son las hormigas, puede ayudar a comprender mejor sistemas más complejos y más difíciles de examinar. En otras palabras, las hormigas constituyen un excelente modelo de estudio para comprender mejor cómo integrantes individuales que actúan al unísono y sin un control central logran llevar a cabo comportamientos colectivos complejos. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ALMA M, FARJI-BRENER AG & ELIZALDE L, 2019, 'When and how obstacle size and the number of foragers affect clearing a foraging trail in leaf-cutting ants', *Insectes sociaux*, 66: 305-316.

CZACZKES TJ & RATNIEKS F, 2013, 'Cooperative transport in ants and elsewhere', *Myrmecological News*, 18: 1-11.

FEINERMAN O *et al.*, 2018, 'The physics of cooperative transport in groups of ants', *Nature Physics*, 14: 683-693.

MCCREERY H & BREED M, 2014, 'Cooperative transport in ants: A review of proximate mechanisms', *Insectes sociaux*, 61: 99-110.

Alejandro G Farji-Brener

Doctor en biología, UBA.
Investigador principal del Conicet en el Laboratorio de Investigaciones en Hormigas (LIHO), INIBIOMA, Universidad Nacional del Comahue-Conicet.
Profesor adjunto, Universidad Nacional del Comahue.
alefarji@yahoo.com

José Emilio Burucúa
Academia Nacional de la Historia

Nicolás Kwiatkowski
Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)

Los elefantes en el mundo simbólico de tres continentes

Una selección de temas tratados en un libro reciente de los autores

Es un hecho bien establecido que los vínculos entre humanidad y mundo natural –entre seres humanos y otras especies– no son estables, aunque cambien muy lentamente. Esto influye en nuestro conocimiento acerca del medio, en nuestro lugar en él, y en cómo alteramos su desarrollo o contribuimos a su colapso. Asimismo, las maneras en que construimos simbólicamente nuestras ideas acerca de los animales y las emociones que estos despiertan en nosotros no solo condicionan nuestras actitudes hacia ellos, sino que también pueden transformar nuestra experiencia de la ciencia, la religión y la sociedad, sobre todo en los casos en que adscribimos atributos humanos a otras especies.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los elefantes en los mitos, las fantasías y la creación artística de la India, los pueblos del Mediterráneo en la Antigüedad clásica, el Medioevo europeo, el Humanismo, la Ilustración y los pueblos africanos.

La figura del elefante en las cuevas de Udayagiri, en el estado de Madhya Pradesh, que datan del siglo V de nuestra era y contienen ejemplos de la más antigua iconografía hindú que ha llegado hasta nosotros.

Centralidad de los elefantes en la India

El adiestramiento de paquidermos se habría logrado en la India alrededor de 6000 años antes de nuestra era. La técnica de amaestrar elefantes para el transporte y la guerra estaba ya muy difundida hace entre 4500 y 3500 años antes del presente en las ciudades-estado del valle del Indo. Las tribus arias, que comenzaron la ocupación del subcontinente indio hace unos 3500 años, asimilaron esas prácticas y las convirtieron en un arte refinado, propio de reyes y grandes guerreros. El conocimiento de la fisiología, la salud y las costumbres de los paquidermos era considerado entonces parte fundamental de la ciencia del Estado, explicada en el *Arthashastra*, un extenso tratado escrito en sánscrito entre los siglos IV y III anteriores a nuestra era.

Un autor escurridizo y mítico, Nilakantha, probablemente natural de Kerala, a quien no podemos ubicar en ninguna cronología, escribió también en sánscrito el *Matanga-lila* (*Juego de los elefantes*), libro acerca de los caracteres físicos y mentales de esos animales, su adiestramiento y cómo mantenerlos. La tradición científica del *Matanga-lila* se prolongó hasta el siglo XVIII de nuestra era, pues alguien llamado Sukumar Barkaith escribió entonces en Assam, a pedido del rey Siva Singha y de su consorte, la reina Phulesuari, de la dinastía Ahom, el *Hasthividyarnava*, otro famoso texto dedicado a la medicina paquidérmica.

El elefante representó un papel clave en las mitologías védica, budista, jainista e hindú, además de hacerlo en la ciencia india. En la tradición védica, Indra, dios celestial en el *Rig-Veda*, fue identificado con el Sol en el hinduismo temprano, y a partir de él representado o imaginado como jinete del elefante blanco primordial, Airavata. El citado *Matanga-lila* dedica su capítulo primero al origen mítico de los elefantes. El huevo cósmico del cual se creó el Sol fue partido en las mitades que el creador Brahma, el Increado, tomó en sus manos. De una de las partes

nació el elefante Airavata y luego lo hicieron otros siete machos; esos ocho paquidermos marcaron los puntos cardinales. En el comienzo del *Ramayana* nos topamos con otro mito fundamental, el de los elefantes pilares de la Tierra, incluido en la historia del rey Sagara, antepasado de Rama, y de sus sesenta mil hijos.

Los grandes cambios sociales de la India en los siglos VIII y VII antes de nuestra era destruyeron el ritualismo de la religión védica, la cual evolucionó a partir de entonces hacia un sistema de creencias metafísico-morales aún vigente con el nombre de *hinduismo*. Al mismo tiempo, esas transformaciones favorecieron el auge de dos sectas que se convirtieron en religiones todavía existentes: el *jainismo* y el *budismo*, predicados respectivamente por Mahavira (llamado el Conquistador, Jina) y Sidarta Gautama (llamado el Iluminado, Buda). Contemporáneos en el siglo VI a.C., Jina y Buda abandonaron a sus familias para convertirse en ascetas, buscar un camino de verdad y salvación, y reunir discípulos con los que formaron comunidades y congregaciones monásticas. Los elefantes se encuentran en los núcleos míticos y filosóficos de esas tres religiones. El jainismo apeló a los paquidermos en la leyenda de los seis ciegos y el elefante, referida al carácter inabarcable de la realidad por el conocimiento humano. En el budismo, un elefante mítico es crucial en la concepción del Iluminado y en varios episodios de su vida. Y una de las mayores divinidades del hinduismo está fuertemente asociada con el elefante: se trata de Ganesh o Ganesha, el dios con cabeza de elefante y cuerpo de hombre.

Cuando las comunidades mercantiles se consolidaron en el Imperio Gupta, alrededor del siglo VI de nuestra era, se abrieron paso formas de devoción inéditas en el hinduismo, volcadas al cultivo del mundo íntimo y al establecimiento de relaciones personales con los dioses. Se difundió entonces la divinidad benevolente de Ganesh,

Un elefante emplazado en la entrada del templo Madhukeshwara o templo de Shiva, que data del siglo IX de nuestra era, en Banavasi, estado de Karnataka.

Elefantes excavados en la roca de uno de los templos de Mahabalipuram, construidos entre los años 830 y 1100 de nuestra era, cerca de Chennai (Madrás) en el estado indio de Tamil Nadu.

dadora de prosperidad, amiga de la inteligencia práctica y de la sabiduría. Es más, el dios elefante-hombre hindú se convertiría en un nexo entre las tres religiones de la India, pues el budismo lo incorporó muy pronto como Vinayaka, uno de los seres superiores del universo dignos de veneración, y el jainismo lo hizo aunque bastante más tarde, a partir del siglo IX.

El elefante en el Mediterráneo antiguo y en el Medioevo europeo

Griegos y romanos fueron los primeros pueblos del Mediterráneo que reunieron una enorme variedad de información sobre elefantes. El texto más popular sobre ellos fue la descripción, extensa y sistemática, hecha por Plinio el Viejo (23-79d.C.) en el octavo libro de su *Historia natural*. Entre los siglos I y XVII, ninguna referencia occidental al elefante omitió citar este texto canónico. La cercanía de hombres y elefantes –proximidad incomparablemente mayor que la sentida con otras bestias y en algunos aspectos incluso superior a la establecida entre humanos– deriva de consideraciones de Plinio: 'El elefante es el más grande [de los animales] y en inteligencia es el que más se avecina al hombre. Comprende la lengua de su país, obedece órdenes y recuerda las tareas que le han sido enseñadas. Es sensible a los placeres del amor y la gloria y, hasta un grado que es extraño incluso entre los hombres, posee nociones de honestidad, prudencia y equidad: tiene un respeto religioso por las estrellas y una veneración por el Sol y la Luna'.

La campaña de Alejandro Magno (356-323a.C.) en Oriente proveyó a los griegos de experiencias de primera mano con elefantes en la guerra, tanto por parte de los persas en la batalla de Arbelas como de los indios en la lucha contra el rey Poro. También los anotició sobre el cometido de los elefantes en las sociedades de la India, incluidos sus usos en el transporte de objetos pesados y de personas, o su presencia en el protocolo de las cortes y en el ceremonial de las religiones. Textos de diverso tipo, desde historias de las aventuras de Alejandro hasta relatos de viajes y embajadas, acercaron esas costumbres a los lectores del mundo mediterráneo.

En la época romana, elefantes reales fueron vistos no solo en campos de batalla (especialmente durante las campañas de Pirro en Italia y las guerras púnicas, entre 264 y 145a.C.), sino en espectáculos y celebraciones militares. Por Plutarco nos enteramos de que Pompeyo (106-48a.C.) organizó 'juegos gimnásticos y de música' que incluían 'combates de fieras, en los que perecieron quinientos leones', y que 'el combate de elefantes fue un terrible espectáculo'. De acuerdo con Cicerón, la lucha de estos animales producía en la multitud no solo placer sino también compasión, la cual provenía de que el elefante 'tiene una comunidad con la raza humana'.

Durante el Medioevo cristiano, el oeste de Europa tuvo un conocimiento indirecto de estos animales. La zoología se redujo a diccionarios o enciclopedias, conocidos popularmente como *bestiarios*, que incluían tanto descripciones realistas de varias especies (probablemente confeccionadas a partir de la observación directa o de noticias creíbles) como leyendas e historias fantásticas. Esto explica el hecho de que se incluyeran criaturas imaginarias en los repertorios. En cualquier caso, los elefantes estaban entre los temas favoritos de este tipo de literatura.

El más difundido de los bestiarios fue el *Physiologus*, probablemente escrito en griego entre el final del siglo II y el comienzo del V de nuestra era. La obra reproduce una vieja historia, según la cual dos elefantes adultos habían caído y no podían ser levantados por doce de sus congéneres, pero un pequeño animal de la manada logró insertar su trompa debajo de los caídos para que pudieran levantarse. La simbología de la leyenda es que los dos paquidermos caídos son Adán y Eva; sus doce compañeros, el coro de los profetas, y el pequeño que logró levantarlos, Jesús.

De natura rerum, obra del fraile dominico flamenco Tomás de Cantimpré (1201-1272), es un tratado mucho más amplio que un simple bestiario e incluye un catálogo zoológico riguroso. Describe una cacería del elefante en la que la bestia es decapitada por dos jóvenes vírgenes, símbolos de Eva y María. La historia se convierte en una alegoría de la muerte de Jesús, el gran acto que lleva a la redención de la humanidad. En la idea de que la cabeza del elefante y su sangre son la manifestación de la máxima benevolencia divina hay obvias resonancias con el nacimiento de Ganesh. Sin embargo, una imagen de ese dios se conoció en la península itálica solo con la difusión de *Imagini dei Dei degli antichi*, obra de Vincenzo Cartari (1502-1569) que asimila a Parvati y Shiva, los padres de Ganesh, con las figuras bíblicas de la primera pareja.

El elefante en los saberes de Europa entre el Humanismo y la Ilustración

Durante el Medioevo, los europeos occidentales pudieron tener una visión directa de los paquidermos solo en tres ocasiones: cuando Carlomagno (742-814) recibió un ejemplar de regalo del califa de Bagdad; cuando Federico II (1194-1250), emperador sacro-romano, llevó elefantes recogidos en las Cruzadas a lo que hoy

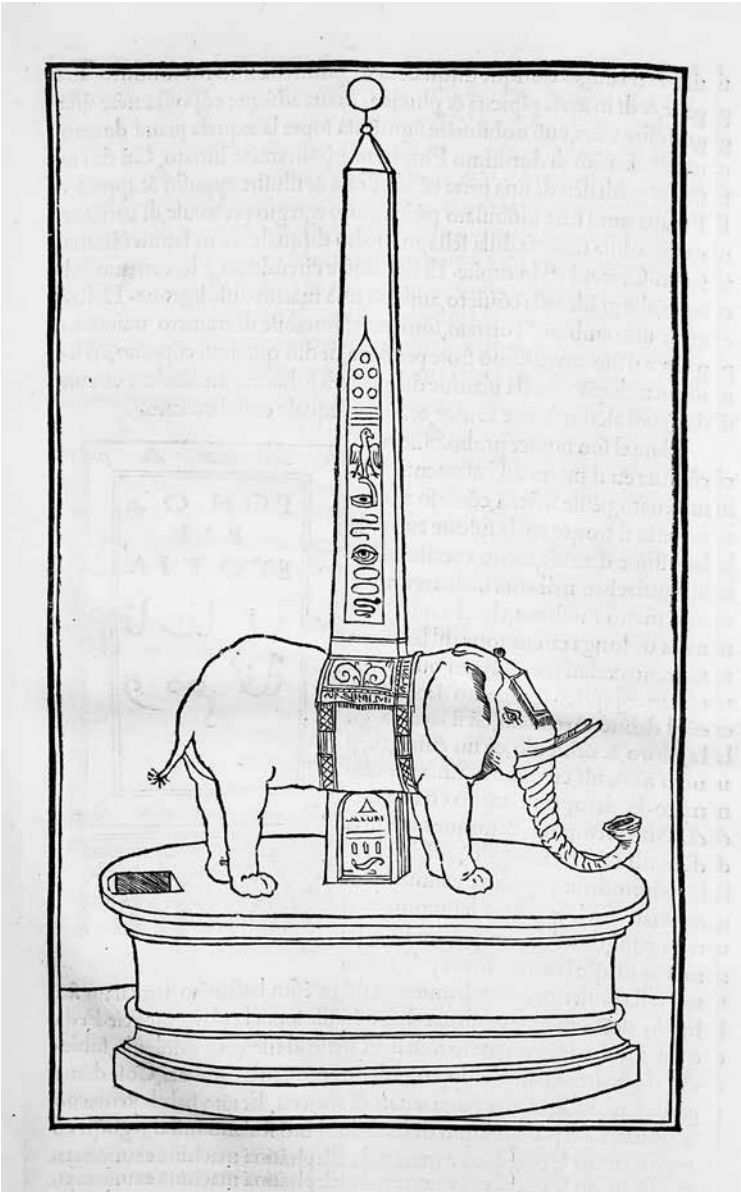


Lámina de la obra *Hypnerotomachia poliphili*, atribuida a Francesco Colonna e impresa en Venecia en 1499.

es Italia, y cuando Luis IX el Santo (1214-1270) hizo lo mismo a Francia (en ambos casos eran animales que provenían de Tierra Santa o Egipto). La circulación del animal por Europa fue más frecuente tras el inicio de la expansión ultramarina portuguesa en África y Asia, durante los siglos XVI a XVIII. En 1514, el rey Manuel I de Portugal (1469-1521) envió al papa León X (1475-1521) como regalo de coronación un elefante indio blanco llamado Hanno. El animal murió dos años más tarde y el papa compuso parte del epitafio inscripto en su tumba vaticana, en el Cortile del Belvedere, coronada por un retrato del paquidermo pintado al fresco por Rafael (que no se conservó).

Es probable que la presencia simbólica del elefante en el Occidente moderno se haya visto fortalecida con el éxito y la difusión paneuropea de la *Hypnerotomachia poliphili*, obra atribuida al fraile dominico veneciano Francesco Colonna (1433-1527), impresa en Venecia en 1499 e ilustrada con elegantes grabados. Uno de estos, que muestra un elefante portador de un obelisco sobre su lomo, símbolo de la sabiduría, fue frecuentemente comentado en citas o glosas del libro. Bernini (1598-1680) utilizó esa imagen en la fuente romana de Santa Maria sopra Minerva.

En 1544, el humanista y viajero francés Pierre Gilles (1490-1555) estuvo en Constantinopla con la misión de adquirir manuscritos griegos para la biblioteca de Francisco I de Francia (1515-1547). Un opúsculo suyo titulado *Descriptio nova elephanti*, publicado en forma póstuma en Hamburgo en 1614, presenta abundantes detalles sobre la disección de un elefante indio que Gabriel d'Aramon (1508-1553), el embajador del monarca francés ante el Imperio Otomano, se había procurado en Mesopotamia y enviado de regalo a Francisco I. Es el primer informe científico redactado por un europeo sobre la disección de un gran animal.

En el siglo XVIII, la Ilustración buscó establecer un punto de inflexión en el progreso de los conocimientos europeos sobre los elefantes, que volcase de modo decisivo ese saber hacia la ciencia empírica y dejase de lado el simbolismo tradicional del paquidermo como epítome de grandes virtudes morales o religiosas. Tanto en la *Historia natural* del conde de Buffon (1707-1788) como en la *Encyclopédie* de Denis Diderot (1713-1784) y Jean-Baptiste D'Alembert (1717-1783), los elefantes ocupan un lugar especial en la zoología descriptiva de nuevo cuño. Sin embargo, en ninguno de los dos casos desapareció la noción de una superioridad biológica y psicológica de esos paquidermos, aún tributaria de la tradición simbólica indoeuropea. En el comienzo del capítulo 'El elefante', en el tomo XI de la *Historia natural*, Buffon insistió en que el animal era 'el ser más considerable de este mundo: supera a todos los animales terrestres en grandeza y se aproxima al hombre por inteligencia'.

El artículo de la *Enciclopedia*, firmado por el naturalista Louis Jean-Marie Daubenton (1716-1800) parece enteramente construido desde el nuevo punto de vista científico. A poco de considerar sus órganos y las maneras en que la bestia se sirve de ellos, la sorpresa evoluciona hacia la admiración. De todas maneras, puso seriamente en duda la verdad de la aproximación moral y espiritual al conocimiento del elefante con afirmaciones como: 'El amor de lo maravilloso hizo creer que el elefante tiene virtudes y vicios, que es casto y modesto, orgulloso y vengativo, que ama las alabanzas, que comprende cuanto se le dice, etcétera'.

Tradiciones africanas sobre el elefante

La mayor parte del corpus de mitos, leyendas y narraciones africanas sobre el paquidermo pertenece a un mosaico de culturas mucho más heterogéneas que las de la India. Las mitologías y el folclore propios de los pueblos subsaharianos colocan al animal en todas las posiciones imaginables entre dos polos simbólicos: el de la importancia y la celebración de sus facultades, y el de considerarlo torpe, a veces cruel y burlado por la astucia de pequeños animales de la sabana o la selva.

Parece lógico que, dados su tamaño y su fuerza, el elefante aparezca algunas veces como un gran juez o jefe del mundo animal. Entre los fang de Gabón, por ejemplo, el dios supremo y triple, Nzame, Mebere y Nkwa, decide que los amos de animales y plantas han de ser el leo-

Fuente del elefante frente a Santa María sopra Minerva en Roma. Fue inaugurada en 1667 a partir de un diseño de Gian Lorenzo Bernini y probablemente esculpido por Ercole Ferrata. El pequeño obelisco es una antigüedad egipcia encontrada en Roma.

¿HUBO ELEFANTES EN AMÉRICA DEL SUR?

Los paquidermos son un antiguo grupo de mamíferos que reúne elefantes, rinocerontes, tapires, hipopótamos y manatíes, entre otros animales que se caracterizan principalmente por su gruesa piel y escaso pelo. Los elefantes actuales pertenecen al orden *Proboscidea*, aparecido en el norte de África hace más de 35 millones de años (Ma), del que se han identificado numerosas especies clasificadas en diversas familias, pero del que hoy solo quedaron tres especies vivas de la familia *Elephantidae* o elefántidos, dos en África del género *Loxodonta* (*L. africana*, el elefante de la sabana, y *L. cyclotis*, el de la selva) y una en Asia del género *Elephas* (*E. maximus*).

En América hubo proboscídeos desde hace unos 10Ma, cuando se cree que comenzó la inmigración de especies desde Asia por el puente terrestre de Bering. Se han definido diversas especies fósiles con ejemplares encontrados en América Central, datados desde hace unos 7Ma hasta unos pocos miles de años atrás, y dos especies fósiles (aunque existe cierta controversia sobre esto) con restos encontrados en América del Sur, datados hace unos 3Ma. Los primeros restos fósiles de proboscídeos sudamericanos fueron descriptos en 1806 en Francia –adonde se los hizo llegar Alexander von Humboldt– por Georges Cuvier (1769-1832), quien se refirió a ellos con el nombre de *mastodontes*.

Hoy esta última denominación genera ciertos enredos clasificatorios: para algunos quedó restringida a fósiles de la extinguida familia *Mammutidae* o mamútidos, de América del Norte, pero otros la aplican informalmente a los de la también extinguida familia *Gomphoteriidae* o gonfotéridos, de América del Norte y del Sur. Los mamútidos no deben ser confundidos con los integrantes del género *Mammuthus*, parte de la familia de los elefántidos.

Florentino Ameghino (1854-1911) en 1888, y Ángel Cabrera (1879-1960) en 1929 describieron en detalle proboscídeos fósiles hallados en distintas localidades de la Argentina. A partir de esas descripciones se realizaron numerosos estudios sobre cómo clasificarlos y cómo fue su evolución. Por lo general se los agrupa hoy en dos especies: *Cuvieronius hyodon* y *Stegomastodon platensis*, ambas pertenecientes a la citada familia de los gonfotéridos.

C. hyodon estuvo presente en el corredor andino, a juzgar por el hecho de que sus restos fósiles se encontraron a lo largo de los Andes. Vivió desde Ecuador hasta Bolivia con seguridad, y quizá hasta el sur de Chile (algo que está en discusión). Se estima que lo hizo desde hace unos 3Ma hasta tal vez alrededor de hace 15.000 años.

S. platensis vivió en las regiones más orientales y zonas costeras del continente. Su registro temporal abarca desde hace unos 700.000 años atrás hasta hace unos 8500. Ello significa que la especie llegó a convivir con seres humanos.

Ambas especies eran herbívoras: *Cuvieronius* se alimentaba de gramíneas duras, hojas y semillas, y habitaba pastizales altos de zonas frías a templadas, mientras que *Stegomastodon* consumía una alimentación mixta, pues era ramoneador y pastador, y habitaba pastizales comparativamente más secos de zonas templadas a cálidas.

A partir de sus orígenes en África y sus primeras dispersiones por Asia, los proboscídeos colonizaron el resto de Eurasia y las Américas. Hoy solo habitan el África subsahariana y el sur asiático, y pertenecen a la familia de los elefántidos. A la pregunta del título podemos responder diciendo que sí los hubo si extendemos el significado de 'elefante' a todos los proboscídeos, o que no los hubo si lo restringimos a los elefántidos, en cuyo caso estos tuvieron primos sudamericanos.

Laura E Cruz
Museo Argentino de Ciencias Naturales

Interpretación del aspecto de *Cuvieronius hyodon*. El animal podía medir unos 2,5m de alto y pesar unas 3,5 toneladas. Wikimedia Commons-DiBgd

pardo por su poder y astucia, el mono por su malicia y flexibilidad, y el elefante por su sabiduría. Paralelamente, en varios mitos de origen de pueblos africanos está presente el paquidermo, si bien por lo general no alcanza en significado el peso que suele tener en el universo religioso y simbólico de la India. Los nandi de Kenia creen que, cuando el espíritu creador llegó a la Tierra, encontró aquí tres seres: el trueno, un miembro de la tribu dorobo (vecina de los nandi) y un elefante primordial.

En el corredor swahili y los proto-Estados del sur africano, las leyendas sobre los elefantes no los presentan como sabios, ni prudentes, ni piadosos, sino como grandes bestias crédulas, burladas por animales pequeños, entre ellos las liebres o las tortugas. Según una historia swahili, semejante a otras del área bantú, los animales de las sabanas debieron organizarse para recoger y almacenar el agua. La tortuga encabezó el grupo de los buenos, mientras que la liebre, astuta, quiso apropiarse del líquido mediante engaños diversos, de los que el elefante fue víctima. Finalmente, mediante una trampa ideada por la tortuga con la colaboración del paquidermo, los animales atraparon a la liebre, que terminó sostenida por el elefante y despojada de su cola.

El imperialismo en África: extracción del marfil, explotación humana

A fines del siglo XVII, los europeos colonizadores del África occidental, especialmente los franceses, tendieron a hacer de la extracción del marfil uno de los recursos más importantes del sistema económico y comercial destinado a explotar la naturaleza y las poblaciones humanas del continente. La llamada Costa de Marfil fue desde entonces el centro de una red de circulación de colmillos que iba de la mano de la trata de esclavos. Durante el siglo XVIII, los portugueses hicieron de sus posesiones en Mozambique un emporio semejante, donde el binomio marfil-esclavos fue también la clave de bóveda de una nueva sociedad africana basada en la explotación colonial. Esas dos palabras formaron casi un *topos* repetido decenas de veces en las fuentes de viajeros, en las descripciones geográficas y en los relatos históricos vinculados con el territorio africano a lo largo del siglo XIX y el primer decenio del XX.

El fin del comercio de esclavos y el papel que los británicos se autoasignaron en su control debilitaron el término 'esclavos' en dicho binomio, pero el predominio de los árabes y de los africanos islamizados en el corredor swahili entre Somalia y Zanzíbar impuso la vigencia de aquella misma díada en el África oriental hasta, por lo menos, la abolición de la trata en Zanzíbar en 1897. De este modo, las masacres de elefantes, hechas con el fin de extraerles sus colmillos de a miles, asolaron las tierras alrededor de los Grandes Lagos del este africano, desde la región de Kivu en el Congo hasta las costas de la Tanzania actual, antes y después de 1897. Entre 1880 y las vísperas de la Primera Guerra Mundial, millones de paquidermos fueron aniquilados en toda la región. Los últimos cien años en la vida de los elefantes africanos se resumen en una sola expresión: catástrofe de la especie, que las matanzas perpetradas por seres humanos colocaron en el borde mismo de la extinción. El escritor belga David Van Reybrouck registró en su libro, sugerido como lectura, el testimonio devastador de Papy Bulaya, un cazador furtivo y traficante de oro de la región de Kivu: 'Al día siguiente, volvimos a buscar los colmillos. Había un pequeño elefante junto a su madre muerta. También lo maté. ¿Qué es la piedad?'. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ALTER S, 2004, *Elephas Maximus: A portrait of the Asian elephant*, Penguin India, Nueva Delhi.

BURUCÚA JE y KWIATKOWSKI N, 2019, *Historia natural y mítica de los elefantes*, Ampersand, Buenos Aires.

ROSS DH, 1992, *Elephant: The animal and its ivory in African culture*, Fowler Museum of Cultural History, Los Ángeles.

VAN REYBROUCK D, 2017, *Congo: une histoire*, Actes Sud, Arles.

José Emilio Burucúa

Doctor en filosofía y letras, UBA.
Académico de número, academias nacionales de la Historia y de Bellas Artes.
Profesor titular jubilado, UBA y UNSAM.
gburucua@unsam.edu.ar

Nicolás Kwiatkowski

Doctor en filosofía y letras, UBA.
Investigador adjunto del Conicet en el Instituto de Altos Estudios Sociales, UNSAM.
Profesor adjunto, UNSAM.
nkiako@unsam.edu.ar

¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?

1visitá

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

2sumate

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

3seguinos

por Twitter a través de @nex_ciencia

nexciencia.exactas.uba.ar

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

Juan L García Massini
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Transferencia Tecnológica de La Rioja (CRILAR), Conicet

Ignacio H Escapa
Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Trelew

Diego M Guido
Instituto de Recursos Minerales (INREMI), La Plata

Sistemas de aguas termales: una ventana sobre la Patagonia mesozoica

El estudio de evidencias preservadas como fósiles en las rocas permite a la paleontología reconstruir la evolución de las distintas formas de vida desde que aparecieron en la Tierra los primeros organismos, hace unos 3500 millones de años (Ma). Sin embargo, lo que normalmente podemos encontrar de cada ser vivo fosilizado es tan solo una mínima porción de su cuerpo. La preservación de organismos completos y sin desarticular, en la posición que tenían al morir, es muy rara, y se da como consecuencia de varios factores que reducen su desintegración física y su descomposición química y biológica. Uno de los lugares en que eso sucede es el ambiente termal, donde las aguas llegan normalmente hasta los 65°C, y especialmente en aquellos dotados de aguas sobresaturadas con sílice.

Los depósitos de *chert* –una roca sedimentaria rica en sílice de grano fino– de aproximadamente 350Ma de la localidad de Rhynie, en la región de Aberdeen del noreste de Escocia, conforman uno de esos sitios de preservación fosilífera excepcional. Han sido estudiados por más de cien años y se ha constatado que conservan gran parte del ecosistema, incluidos plantas, animales, bacterias, hongos y protistas, los que aparecen directamente asociados con sus respectivos sustratos biológicos e inorgánicos. (Protistas son organismos unicelulares que no entran en las otras categorías, o pluricelulares sin tejidos diferenciados.) El *chert* configura una situación ideal de

¿DE QUÉ SE TRATA?

Fósiles diversos preservados en condiciones excepcionales en aguas termales en el macizo del Deseado, Santa Cruz.

preservación, pues abre la puerta para determinar una amplia gama de características de los organismos, entre ellas su evolución, su diversidad y sus interacciones con otros organismos, lo cual proporciona una manera mucho más detallada de estudiar los ecosistemas que hacerlo a partir del análisis de organismos aislados.

La sobresaliente preservación de los seres vivos de Rhynie es producto de la impregnación de los organismos por la sílice contenida en aguas termales sobresaturadas de ese compuesto de silicio, el que se deposita sobre las paredes de las células y preserva la estructura de los tejidos y otros rasgos de la anatomía de los organismos. Esta forma de fosilización en posición de vida y mostrando a los organismos junto con los sustratos con los cuales estaban asociados ha sido clave para comprender aspectos evolutivos y ecológicos de las primeras formas continentales de vida. Que dichos organismos muestren adaptaciones ecofisiológicas al medio hidrotermal (por ejemplo, diferenciación celular en plantas) y también que revelen haber desarrollado un rango de interacciones biológicas (como *micorrizas*, que son asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas terrestres y ciertos hongos del suelo) constituyen una prueba de la complejidad de los tempranos ecosistemas terrestres.

Este tipo de sistemas hidrotermales ha existido todo a lo largo de la historia de la Tierra, pero los depósitos de rocas formados en ellos suelen ser de poco espesor y, por lo tanto, muy propensos a desaparecer por erosión. Los que se mantienen, en consecuencia, configuran situaciones inusuales de muchísima importancia. Es el caso del macizo del Deseado, un distrito geológico ubicado en el centro norte de Santa Cruz, al sur del río Deseado, donde existen ambientes hidrotermales del período jurásico (201-145Ma) –la porción intermedia de la era mesozoica (250-66 Ma)–, con fósiles de organismos que vivieron en todo el Mesozoico y aun en tiempos más recientes. Estos empezaron a ser estudiados hace veinte años por un grupo multidisciplinario del que forman parte los autores de este artículo, formado por especialistas en geología así como en plantas y microorganismos fósiles.

Los datos obtenidos hasta ahora revelan una gran diversidad de plantas, animales, hongos, protistas y bacterias, tanto cosmopolitas como específicos de sistemas hidrotermales, con adaptaciones e interacciones comparables a las desarrolladas por sus contrapartes actuales en los ecosistemas modernos. Estamos así ante una ventana abierta por la que logramos asomarnos a la vida del Jurásico, y más ampliamente a los ambientes terrestres mesozoicos. Este nuevo capítulo de la paleontología de la Patagonia puede ser fundamental para entender cómo se fueron formando muchos ecosistemas del presente.

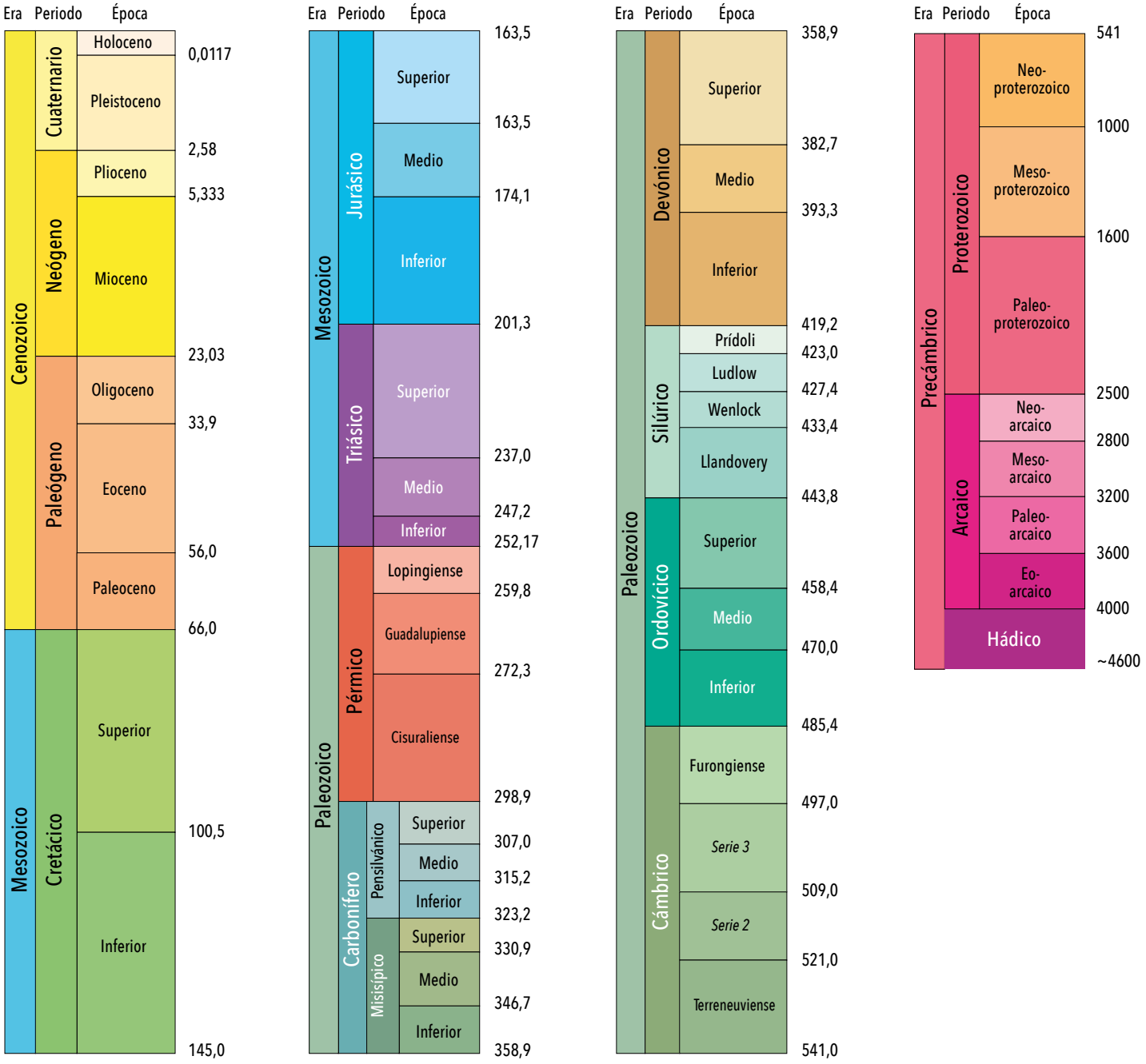
Los sistemas hidrotermales

Los sistemas de aguas termales o sistemas hidrotermales se deben al calentamiento del agua subterránea por magmas o por el incremento de temperatura a me-

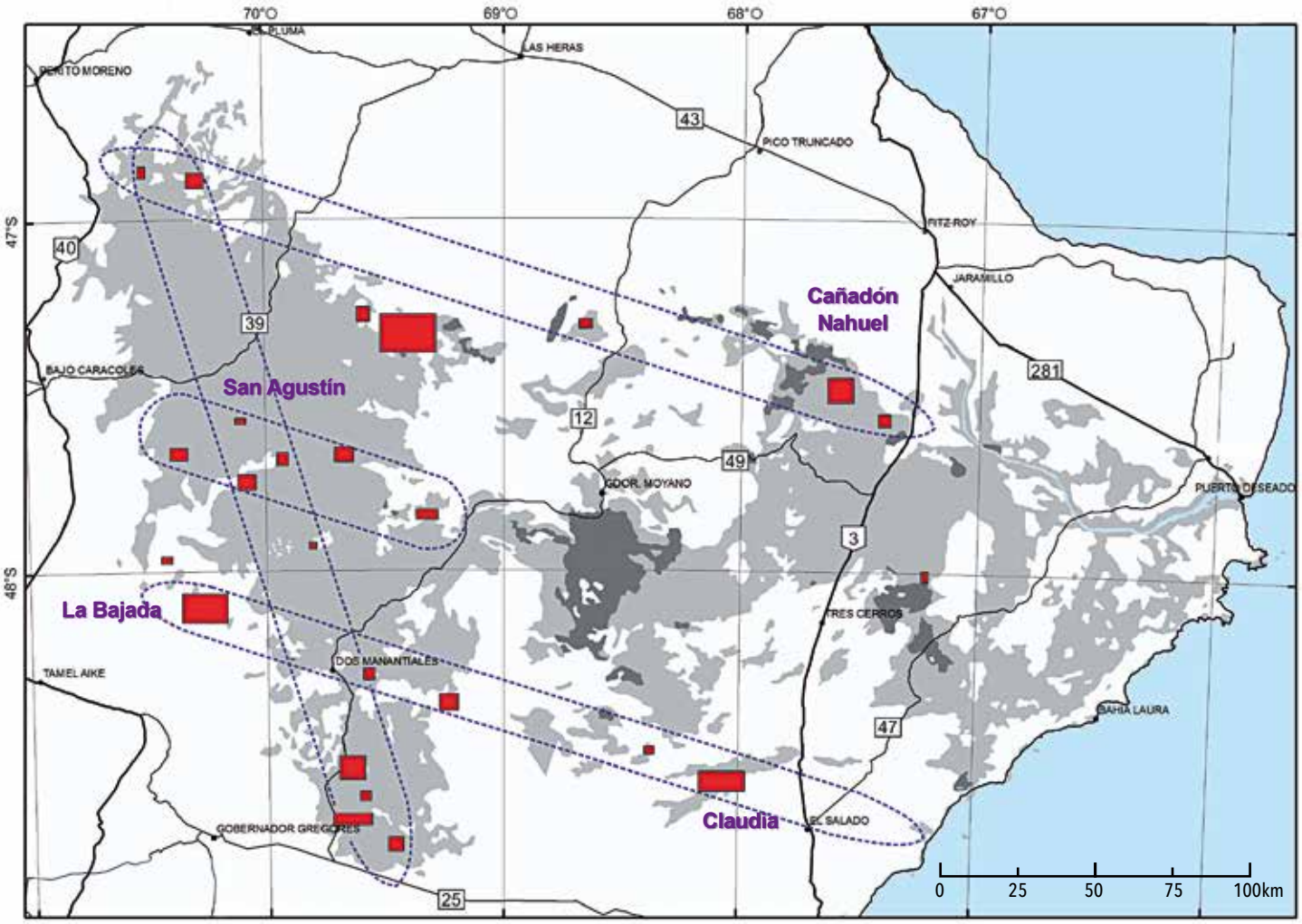
Aspecto actual de paisaje hidrotermal jurásico del macizo del Deseado.

dida que se avanza hacia el interior de la Tierra (llamado *gradiente geotérmico*) y el posterior escape de esas aguas hacia la superficie en forma de manantiales calientes. Cuando aguas termales de alta temperatura (más de 150ºC) están en zonas con actividad volcánica pueden formarse depósitos de composición silícea, llamados *sinter*, o de composición calcárea, llamados *travertinos*.

Los sistemas hidrotermales silíceos crean una serie de subambientes con características particulares, debido a que la composición del agua subterránea, la alta presión a la que está sometida y la elevada temperatura (200-300ºC) disuelven ciertos minerales y producen sobresaturación en ella de distintos componentes, sobre todo sílice, la cual se precipita gradualmente al irse alejando de la fuente de calor e irse enfriando. Cerca de esa fuente, con temperaturas del agua de aproximadamente



Versión simplificada de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas. Las cifras están en millones de años (Ma) antes del presente. Las barras no están dibujadas en escala.



Esquema de ubicación de los afloramientos de depósitos geotérmicos del Jurásico en el macizo del Deseado. Rojo, depósitos hidrotermales; violeta, localidades con *sinter* fosilífero; gris claro, rocas volcánicas jurásicas; gris oscuro, rocas prejurásicas.

100°C y alta concentración de sílice y de ciertos metales, la vida es casi inexistente, excepto por algunas arqueas y bacterias extremófilas. El desplazamiento del agua por el terreno y la gradual disminución de la temperatura dan lugar a la formación de sucesivos subambientes, en los cuales las condiciones se hacen menos extremas y más aptas para que exista más alta densidad y mayor diversidad de organismos.

En los sistemas hidrotermales superficiales más fríos se forman humedales y pequeñas lagunas habitadas por organismos típicos de sistemas acuáticos con parámetros anormales de temperatura, pH y concentración de metales y metaloides. Así, una planta que vive en esos ambientes acuáticos, propicios para la preservación fosilífera, es la cola de caballo (*Equisetum sp.*), y en ambientes terrestres adyacentes a ellos habitan animales, plantas y otros organismos no aptos para sobrevivir en las condiciones hidrotermales típicas. Esto se observa en la actualidad en el parque nacional Yellowstone, en los Estados Unidos, en el que se aprecia la transición de la diversidad biológica de los ambientes termales más próximos a la fuente de calor hacia los más alejados.

En humedales cuyas aguas tienen altas concentraciones de sílice en forma de ópalo en equilibrio inestable, cambios en los parámetros ambientales rápidamente tienden a provocar precipitaciones de *chert* o de *sinter* sobre los organismos, que los sepultan. Muchas veces ello acontece con los organismos vivos y se cumple en tiempos geológicamente instantáneos (entre días y cientos de años). En tales casos, las posibilidades de descomposición de los organismos son mucho menores que las usuales en otro tipo de ambiente. Por otro lado, la fosilización en aguas termales no discrimina en cuanto al tipo de organismo, la calidad de sus órganos (por ejemplo, duros y blandos) o la madurez de los individuos.

Los sistemas hidrotermales silíceos duran poco en la escala del tiempo geológico (de cientos a miles de años), y en la superficie de sus distintos ambientes se acumu-

lan sedimentos químicos como depósitos con forma de lenteja o de lente biconvexo (llamados lenticulares), comúnmente de poco espesor. Tales depósitos son más espesos en las zonas con ambientes extremos, los que generalmente carecen de fósiles. La aparición de ambientes hidrotermales silíceos aptos para albergar vida, la preservación en forma de fósiles de los organismos que los habitan y la acumulación de estos sedimentos en superficie son, por lo tanto, variables en función de la duración y del tipo de la actividad hidrotermal, de la clase de terreno donde se establecen (por ejemplo, con poca o mucha pendiente) y de los procesos erosivos que acontezcan después.

Las evidencias de sistemas hidrotermales silíceos datan de entre hace 3500Ma, cuando transcurría la era precámbrica, y la actualidad, y están en distintas regiones del mundo. Son más abundantes en zonas volcánicamente activas en estos momentos y que también lo fueron durante la era cenozoica (66Ma-presente). Sin embargo, en la mayoría de estos sistemas los fósiles hallados han sido atribuidos de manera general a órganos o grupos de plantas solo por su morfología externa, sin considerar detalles anatómicos.

También existen depósitos de *chert* silíceo originados por procesos hidrotermales acontecidos en la era mesozoica (252-66 Ma), pero son mucho menos abundantes debido a que desaparecieron por erosión, y por lo general contienen pocos fósiles. Uno es el sistema Sipinsang, de la época tardía o superior del Cretácico (100-66 Ma), en el nordeste de China, del cual no se han descripto restos fósiles. Otro, en el que aparentemente se encontrarían fósiles, es Fruta del Norte, en tierras amazónicas de Ecuador; data de hace unos 170Ma, del período jurásico. Un tercero es el que nos ocupa, del Jurásico medio a superior (170-150 Ma) en el macizo del Deseado.

Pequeño fragmento de *chert* al que se le pulió una cara para mostrar los cortes transversales de numerosos tallos asociados de cola de caballo (*Equisetum thermale*).

Corte pulido de un tallo fosilizado de helecho de la familia *Osmundaceae*. Tiene un diámetro de aproximadamente 7cm.

El macizo del Deseado, paraíso de la preservación hidrotermal argentina

El origen de los depósitos hidrotermales jurásicos del macizo del Deseado está en el extenso volcanismo que afectó a lo que hoy es la Patagonia durante el inicio de la apertura del océano Atlántico por la separación de las masas continentales que terminaron constituyendo Sudamérica y África. Ello produjo tanto depósitos hidrotermales silíceos como calcáreos, algunos ricos en fósiles.

La exploración realizada desde hace unos seis años por los autores de este artículo y sus grupos de colaboradores ha permitido identificar 23 localidades con depósitos hidrotermales, algunos con *sinter* silíceo, en los que han identificado abundantes plantas, animales, hongos, bacterias y protistas en buen estado de conservación y en posición de vida. Hasta el momento hemos investigado fósiles provenientes de las localidades de San Agustín y La Bajada, y en menor medida, de Cañadón Nahuel y Claudia. En estos, a diferencia de lo observado en otras

localidades del macizo del Deseado, están excelentemente preservadas las partes más alejadas del origen del calor. En ellas se formaron humedales termales ricos en organismos cuyos fósiles exhiben tanto tejidos como partes del cuerpo en muy buen estado de conservación.

La biodiversidad hallada hasta ahora en estos depósitos varía según el grupo biológico. Una de las características compartidas por los organismos es tener rasgos anatómicos y requerimientos ecológicos que indican un hábito de vida acuático o semiacuático. Las plantas incluyen *Equisetum thermale*, que domina ciertos ambientes, y helechos de dos familias (*Osmundaceae* y *Gleicheniaceae*) comparables con especies actuales que viven semisumergidas en manantiales termales activos. La presencia de briofitas (plantas sin tejidos vasculares) es otra evidencia de un hábito de vida típico de condiciones de alta humedad. De la misma manera, la gran abundancia de órganos de coníferas (araucariáceas y podocarpáceas) sugiere la presencia de bosques frondosos en las inmediaciones de los sistemas hidrotermales. La hipótesis que resulta de este análisis de la flora es que, igual que lo observado en sistemas de aguas termales actuales, la diversidad vegetal se veía limitada por las condiciones físico-químicas particulares que imponen aguas saturadas con distintos tipos de minerales, incluidos muchos que son fitotóxicos. Sobre la base del hallazgo de organismos enteros, o por lo menos de un conjunto de órganos de cada organismo, será posible establecer en forma casi completa cómo eran esos organismos, y también emprender estudios filogenéticos, biogeográficos y paleoecológicos.

Aunque lo que se sabe hasta el momento de la diversidad animal es menor que el conocimiento que se tiene de la de plantas, se vislumbra un patrón ecológico similar debido a la presencia de artrópodos y crustáceos afines con grupos actuales de esos invertebrados que habitan humedales y otros cuerpos de agua. En cuanto a insectos, los dos grupos más abundantes hallados son los tricópteros (friganeas, parientes de las mariposas y polillas) y los dípteros (moscas, mosquitos, tábanos y otros), cuyas contrapartes actuales viven asociadas con cuerpos o cursos de agua. Además, se han encontrado fragmentos de otros artrópodos que probablemente vivieron en íntimo contacto con los humedales termales. Otras evi-

Ambiente hidrotermal en el parque nacional estadounidense de Yellowstone, ubicado principalmente en el estado de Wyoming, en una latitud comparable con la del macizo del Deseado.

dencias, como heces fósiles, también sugieren que hubo amplia diversidad de otras formas animales.

Los microorganismos encontrados fueron preliminarmente clasificados de acuerdo con los distintos grupos actuales de hongos, bacterias, algas y protistas; hasta ahora son los de mayor diversidad morfológica de todo el sistema. Un grupo ampliamente representado en los sistemas termales, cuya presencia también indica que hubo humedales, es el de las cianobacterias o bacterias fotosintéticas, que aparecieron tanto en humedales termales cercanos como distantes de los puntos de emisión de aguas termales calientes.

El estudio actual de toda esta diversidad apunta principalmente a dos objetivos: clasificar los organismos según los esquemas actuales aplicables a especies vivientes y fósiles, y efectuar su caracterización paleoecológica. Esta es una tarea que abrió una ventana de características únicas para aumentar el conocimiento que tenemos del Jurásico, y que ya nos reveló los primeros registros de algunos grupos, como las briofitas, lo mismo que interacciones previamente desconocidas en el registro geológico entre ciertos organismos, sean insectos, plantas, hongos o bacterias. Asimismo, en materia geológica y a la par de los estudios paleontológicos, continúa la exploración, el descubrimiento y la caracterización de nuevos depósitos hidrotermales. Se espera así describir las texturas y fábricas microbianas de las rocas tipo *sinter* en los distintos subambientes hidrotermales como indicador ambiental de más antiguos sistemas hidrotermales. CH

Sección longitudinal de rama de conífera con hojas asociada con el paisaje geotérmico. Su ancho es de unos 3mm; su alto, de unos 12mm.

LECTURAS SUGERIDAS

GARCÍA MASSINI JL *et al.*, 2016, 'First glimpse of the silicified hot spring biota from a new Jurassic chert deposit in the Deseado Massif', *Ameghiniana*, 53: 205-230.

GUIDO DM & CAMPBELL KA, 2011, 'Jurassic hot spring deposits of the Deseado Massif: Characteristics and controls on regional distribution', *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 203: 35-47.

HAMILTON AR, CAMPBELL KA & GUIDO DM, 2019, 'Atlas of siliceous hot spring deposits (Sinter) and other silicified surface manifestations in epithermal environments', *New Zealand Geological and Nuclear Science Report 2019/06*.

TREWIN N & COLLINS N, 2006, 'Fantastic fossils', *Catalyst,* 17: 12-14.

Juan L García Massini

Doctor (PhD) en ciencias geológicas, Southern Methodist University, Texas.
Investigador adjunto del Conicet en el CRILAR.
massini112@yahoo.com.ar

Diego M Guido

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador independiente del Conicet.
Profesor adjunto, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

Ignacio H Escapa

Licenciado en ciencias biológicas, Universidad Nacional del Sur.
Investigador independiente del Conicet en el Museo Egidio Feruglio.

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Prueban con éxito una vacuna contra una enfermedad infecciosa que afecta al ganado bovino

Expertos del CONICET ya testearon su eficacia en ratones y buscan controlar la neosporosis, principal causa de aborto y fallas reproductivas en vacas.

Por Marcelo Gisande

Un grupo de investigadores del CONICET en el Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH, CONICET-UNSAM-asociado a CICPBA) acaba de lograr prometedores resultados en la búsqueda de una vacuna contra el parásito *Neospora caninum* causante de la neosporosis, una enfermedad infecciosa que se configura como la principal causa de aborto y fallas reproductivas en ganado bovino, lo que provoca importantes pérdidas económicas para el sector ganadero. El desarrollo fue testeado con éxito en ratones y las conclusiones se publicaron recientemente en la revista *Acta Tropica*.

N. caninum es un parásito de características similares a *Toxoplasma gondii*, el causante de la toxoplasmosis. A diferencia de este último, que tiene como hospedador definitivo al gato y puede ser transmitido a cualquier animal de sangre caliente incluido el ser humano, aquel tiene como hospedador definitivo –es decir, en el que realiza su ciclo sexual– al perro, pero no es capaz de infectar a las personas. No obstante, si bien no tiene importancia a nivel de salud pública, sí es de singular preocupación para el sector ganadero.

El accionar de ambos parásitos es similar. En el caso de *N. caninum*, una vez que se aloja en el interior del animal infectado –en general por la ingesta de agua o pasto con restos de las heces de los perros– se enquista en el sistema nervioso y músculos esqueléticos, para *esconderse* del sistema inmune. Cuando las vacas –uno de sus hospedadores intermediarios– entran en etapa de preñez, el sistema inmune sufre una serie de modificaciones para aceptar al feto, y el parásito aprovecha ese proceso para salir del quiste y replicarse, provocando una recrudescencia de la enfermedad que genera la muerte fetal, el aborto, o el nacimiento de terneros clínicamente sanos pero con una infección latente.

Las causas que provocan el aborto por neosporosis en vacas no se conocen por completo, pero entre ellas se destaca la pérdida de la integridad de la placenta, el tejido que comparten madre e hijo. "El feto puede morirse porque el parásito la rompe y entonces deja de recibir la cantidad necesaria de oxígeno y nutrientes. Otra posibilidad es que se dé en la madre una respuesta exacerbada frente a la infección que sea incompatible con la supervivencia del feto. En el caso de que el parásito atraviese la placenta, puede infectar al feto provocando su muerte y el consecuente aborto", explica la investigadora del CONICET en el INTECH Valeria Sander, autora responsable del estudio.

Según la profesional, "si el ternero infectado nace, puede o no tener signos de la enfermedad. De darse una infección grave, puede morir ya nacido, aunque lo más frecuente es que sobreviva y el parásito permanezca latente durante toda la vida del animal. Y en el caso de que haya nacido una hembra infectada, al llegar a su propia etapa de preñez replicar el ciclo".

Hasta el momento no existe una vacuna contra *N. caninum* por lo que en general en los rodeos se separa a aquellas vacas a las que se sabe infectadas para no ponerlas a preñar. "Como siempre el mejor abordaje sanitario es la vacunación, hay una búsqueda intensa en este sentido pero hasta este momento no se ha podido encontrar una vacuna lo suficientemente efectiva para eliminar al parásito del organismo o evitar que la infección sea transmitida a las crías durante la preñez del animal infectado", comenta la experta.

Una de las primeras alternativas que se ha probado hasta aquí son las llamadas vacunas vivas, que se basan en el uso de las cepas menos virulentas del parásito, es decir aquellas que no generan abortos: "Lo que se hace en estos casos es exponer al organismo al patógeno para que el sistema inmune monte lo que se conoce como una respuesta inmune de memoria, es decir que en el momento en que se encuentre de nuevo con el parásito, pero ya ante una cepa de las más virulentas, pueda reaccionar rápida y correctamente. Hasta el momento no hubo ninguna exitosa, y esto tiene un peligro extra que es provocar una reversión de la virulencia, esto es que una cepa que no era peligrosa se modifique y sí lo sea", explica Sander.

Foto Guillermo Giovambattista (IGEVET).

La alternativa a esto es lo que los científicos describen como vacunas a subunidad, es decir que no se expone al organismo al parásito completo sino que se le *muestran* determinadas moléculas que lo componen para que genere la respuesta inmune de memoria. "Esto tiene como ventaja que no hay peligro de reversión de la enfermedad porque no usamos el parásito completo, pero como contrapartida el efecto de estas vacunas es más bajo", apunta.

Entonces, lo que hicieron los profesionales del INTECH fue combinar este método de vacunas a subunidad con el uso de adyuvantes, es decir compuestos que colaboran para realzar y reforzar la respuesta inmune. "Formulamos una vacuna que contiene unas proteínas de *N. caninum* junto con otra de origen vegetal proveniente de una planta modelo (*Arabidopsis thaliana*), utilizada como adyuvante, y vacunamos hembras de ratones preñadas para testear la respuesta", detalla.

Los expertos pudieron comprobar que la vacunación con esta mezcla de proteínas es efectiva: "Si bien no varía el número de crías, sí aumenta la sobrevida de los ratones nacidos de madres vacunadas. La carga parasitaria es la misma, pero nacen menos crías infectadas, es decir que de algún modo la vacuna inhibe y reduce la transmisión vertical. Y notamos que hay un incremento de la mortalidad luego del destete, por lo que se entiende que las madres transmiten los anticuerpos mediante la leche". El próximo paso es testear el desarrollo en vacas, para lo cual ya se encuentran trabajando en colaboración con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Balcarce.

Un punto destacado del trabajo es que pudo probar la potencial capacidad de las proteínas vegetales utilizadas como un marcador útil para el manejo de los rodeos. "Vimos que el organismo reconoce y genera anticuerpos no sólo contra la proteína del parásito sino también contra la de la planta y esto es muy importante porque abre la posibilidad, mediante un test serológico, de diferenciar aquellas vacas que están infectadas de las vacunadas, lo que favorece un mejor control para los productores ganaderos", apunta.

Esa característica representa una importante diferencia respecto de las vacunas veterinarias tradicionales, ya que éstas no permiten distinguir un animal que fue vacunado y se encuentra sano de uno que fue vacunado y se infectó. "En las enfermedades donde las vacunas no logran evitar el 100 por ciento de las infecciones esto se torna un factor muy relevante. En el caso de la neosporosis bovina, poder distinguirlos le permitiría a los productores definir previamente qué animales ponen a preñar y cuáles destinar a su venta para producción de carne, ya que su consumo no genera problemas sanitarios", concluye Sander. ■

VINCULACIÓN TECNOLÓGICA

Dime dónde resides y te diré cuán bien (o mal) vives

Un mapa interactivo de la Argentina desarrollado por investigadores del CONICET permite conocer el índice de calidad de vida en cualquier punto del país.

Por Miguel Faigón

Guillermo Velázquez es investigador superior del CONICET en el Instituto de Geografía Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS, CONICET-UNCPBA) y desde hace más de veinte años trabaja en **el estudio de la calidad de vida desde una perspectiva geográfica**. Esto es, tratar de definir, mediante una escala numérica del cero al diez, cuán bien viven las personas según su lugar de residencia.

Recientemente, este equipo de investigadores, en colaboración con el grupo que dirige **Alejandro Zunino** -investigador principal del CONICET en el Instituto Superior de Ingeniería de Software Tandil (ISISTAN, CONICET-UNCPBA), **desarrolló un mapa interactivo que permite conocer el nivel de calidad de vida en los más de 52 mil radios censales en lo que se divide la Argentina**. Cuanto mayor es el índice en determinado lugar, más verde se lo verá el mapa, mientras que el rojo indica lo contrario.

"El desarrollo de este software significó para nosotros **un enorme desafío desde el punto de vista informático**, dado que implica que en tiempo real se transfieran, a través de la red, una cantidad de datos y se permita, a su vez, un número y un tipo de operaciones poco frecuentes en aplicaciones de mapeo por internet", explica Zunino.

La interacción con la aplicación permite a los usuarios notar que existen provincias o regiones de la Argentina en las que a primera vista pareciera que la calidad de vida es homogénea. Sin embargo, al hacer *zoom* se observa que hay zonas dentro de esas áreas cuya realidad contrasta con la situación general que las rodea: así ocurre con algunos sectores céntricos de ciudades localizadas en regiones pauperizadas o con barrios de emergencia o countries en ciertos centros urbanos.

Un índice con diversos componentes

"Para definir qué tan bien vive la gente que reside en un área determinada tomamos **dos grandes grupos de indicadores: los socioeconómicos y los ambientales**. En relación a los

Ilustración de Federico Leandro Rodríguez

primeros tenemos en cuenta datos vinculados a la educación, la salud y la vivienda. En cuanto a los denominados ambientales, por un lado, atendemos a los clásicos problemas que pueden tener impacto negativo sobre el bienestar de los residentes –como inundabilidad, sismicidad, asentamientos precarios o contaminación- y, por otro, lo que llamamos 'recursos recreativos' –que pueden ser 'de base natural', como las playas, relieves, balnearios o espacios verdes, o 'socialmente construidos', esto es, teatros, centros deportivos u otras actividades de esparcimiento- como algo que favorece una mejor calidad de vida", explica Velázquez.

Actualmente, la ecuación que utilizan los investigadores para calcular el índice de calidad de vida (ICV) en diferentes puntos del país atribuye un **60 por ciento del peso a los diversos componentes socioeconómicos y un 40 por ciento a los ambientales**. No obstante, la importancia otorgada a los últimos ha crecido –otrora, pesaban sólo un 20 por ciento- en virtud de la mayor y mejor disponibilidad de información y el mayor reconocimiento social de su valor respecto del bienestar de la población.

"**La calidad de vida es un concepto relacionado con el bienestar de las personas**. En ese sentido, **depende de ciertas bases materiales, pero está lejos de reducirse a ellas**. Si la calidad de vida se redujera meramente al consumo o a algunos indicadores socioeconómicos básicos, sería mucho más sencillo estimarla, pero sabemos que se trata de un fenómeno más complejo en el que también entran en juego variables de otro tipo, que tienen que ver con la escala de valores de la sociedad y las expectativas de progreso histórico", afirma el investigador.

Un cálculo cada vez más detallado

Los primeros trabajos tomaban como unidad geográfica mínima, para hacer el cálculo del ICV, a los departamentos provinciales. Es decir, cada una de las **525 unidades territoriales de segundo orden** -el primero son las 23 provincias junto con la Capital Federal- en las que se reparte la Argentina.

Sin embargo, de manera reciente, los investigadores **afinaron la escala a nivel de los 52.408 radios censales** en los que se divide la Argentina. Esto, claro está, agrega matices a sectores del mapa que antes se presentaban homogéneos.

Pasado y futuro de la calidad de vida en Argentina

La calidad de vida desde una perspectiva geográfica se puede calcular para el presente, pero también **se puede proyectar hacia atrás.** Así fue que, bajo el objetivo de hacer un *Atlas histórico y Geográfico de la República Argentina*, los investigadores llegaron a armar el mapa de la calidad de vida de la Argentina en 1869, que fue cuando se realizó el primer censo nacional. Lo mismo para los siguientes en 1895, 1914, 1947, 1960, 1970, 1980, 1991 y 2001.

"En este sentido, los datos que aporta el **sistema estadístico nacional**, principalmente a través de los censos, son fundamentales para nuestro trabajo, así como también las **estadísticas vitales** del Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la Nación. Pero para armar los mapas también nos valemos de **relevamientos propios**, muchos de ellos en terreno".

La mirada hacia el pasado muestra que **las expectativas en torno a la calidad de vida son crecientes**: "Las condiciones socioeconómicas y ambientales que en los años '50 hubieran sido consideradas propias de una calidad de vida óptima, hoy nos darían un ICV mucho más bajo", señala el investigador.

Al extrapolar estas conclusiones hacia el futuro, se podría esperar que en treinta años lo que hoy es valorado como una calidad de vida alta, pase a calificarse como de nivel medio. Sin embargo, el investigador advierte que esto no implica necesariamente que la vida de la mayoría de las personas vaya a mejorar. ■

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

El origen del litio

Científicos analizaron el camino geológico del litio en la Puna que tiene concentraciones inéditas en los salares de la región. También determinaron que el origen fue el basamento paleozoico en combinación con condiciones únicas en la región.

Por María Bocconi

¿Qué sustentabilidad tiene el litio como recurso? "El primer paso para poder responder esta pregunta es saber de dónde proviene el recurso minero", afirma Pablo Caffe, investigador del CONICET, geólogo del Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA, CONICET-UNJU) "y determinar el porqué de sus altas concentraciones en el llamado *triángulo del litio* en la Puna argentina y región norte de Chile".

Junto a investigadores del CONICET y de universidades de Alemania y Nueva Zelanda, los expertos determinaron "que la fuente principal del litio son las rocas más viejas, el basamento cristalino [del Paleozoico] que tiene concentración de este metal muy superior, si se compara a nivel global, a la concentración promedio que tiene el litio en la corteza continental superior", explica Caffe quien además es profesor de la Universidad Nacional de Jujuy.

El trabajo publicado en la revista *Mineralium Deposita*, cuyas primeras autoras son Anette Meixner, de la Universidad de Bremen, Alemania, y Carisa Sarchi, becaria doctoral del CONICET en el INECOA, fue el resultado de seguir el rastro del litio desde el basamento de las formaciones rocosas en la zona andina del triángulo del litio, de la Era Paleozoica –de entre 560 a 400 millones de años atrás-, y de rocas volcánicas más modernas, -de 10 millones de años o incluso más jóvenes-.

Foto Kevin Jones, *Flickr.com*.

Los científicos observaron cómo **a través de millones de años, el metal se fue movilizando y concentrando para nutrir a los salares que en la región presentan concentraciones inéditas en el mundo.**

Para elaborar la hipótesis de este trabajo, confía Caffe, contaron con trabajos previos, desarrollados a lo largo de más de 20 años, que habían encarado varios de los autores de esta investigación entre ellos Raúl Becchio, investigador independiente del CONICET, geólogo y director técnico de LaTe Andes (Vaqueros, Salta). En este caso habían analizado estas rocas pero en relación al boro, otro metal que tiene altas concentraciones en la misma región y que es explotado masivamente desde la década de 1980.

En su momento habían llegado a la conclusión de que estas mismas rocas paleozoicas eran las que proveían de las altas concentraciones de boro a las capas superiores.

La tormenta perfecta

Este tipo de rocas existe en varias regiones de Argentina, Chile y otros lugares del planeta, pero en el llamado *triángulo del litio* –esta zona con concentraciones altas en litio y boro-, lo que ocurre es una conjunción de otros factores que no se encuentran en otras latitudes y regiones del mundo. Esta particular región de los Andes es un sitio único, donde hay procesos magmáticos que hacen que el litio se movilice desde el basamento a las capas volcánicas y, luego se re-movilice a partir de su erosión o lixiviación por aguas termales, para finalmente concentrarse especialmente en los salares que integran el *triángulo del litio*.

"Tiene que darse ´la tormenta perfecta´, y además de estas rocas del basamento, debe haber un vulcanismo reciente, muy joven, una región semiárida por mucho tiempo y que existan los salares, que son cuencas cerradas endorreicas. Esto es lo que tienen en común todas las zonas del triángulo del litio", explica Becchio, también es profesor de la Universidad de Salta.

Marcadores de litio isotópico

Para esta investigación, informa Caffe, hicieron una comparación de distintas muestras de regiones volcánicas andinas. "Elegimos dos -entre el Ecuador y los 4° de latitud Sur, y la región Sur, al sur de los 35° de latitud Sur- y las comparamos con una enorme base de datos geoquímicos que existe para la zona volcánica central que es donde está la Puna", amplía.

Analizaron isótopos (variables de átomos de un mismo elemento químico) de litio ($^{7}Li/^{6}Li$) y pudieron seguir el rastro del metal desde su reservorio en las formaciones rocosas del basamento de la zona del triángulo del litio, que datan de la Era Paleozoica –de entre 560 a 400 millones de años atrás – hasta las extensas rocas volcánicas más modernas que cubren gran parte de la región.

De acuerdo a este seguimiento del litio, los científicos observaron "que las rocas volcánicas que representan magmas menos contaminados por el basamento [con menos contenido de litio], tienen una señal isotópica del litio mucho más parecida a la que tiene el manto terrestre. En cambio, las rocas volcánicas que tienen mayor participación de material cortical en su composición –que asimilaron mucho más de este basamento- adquirieron composiciones isotópicas de litio semejantes a aquél, así como concentraciones de litio muy elevadas", explica Caffe.

Actualmente está vigente un proyecto de Investigación Orientado (PIO) del CONICET y la UNJU que estudia la evolución y dinámica de los salares desde su constitución geológica hasta su evolución hidrogeoquímica, -la evolución de sus aguas, las que se evaporan para enriquecerse en litio- con el objetivo de entender por qué y cómo están enriquecidos.

Además las investigaciones se complementan con otro Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica (PICT V 2014 3654) de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica que dirige el investigador del CONICET Ernesto Calvo. ■

Referencia Bibliográfica:
"Lithium concentrations and isotope signatures of Palaeozoic basement rocks and Cenozoic volcanic rocks from the Central Andean arc and back-arc". Meixner, A., Sarchi, C., Lucassen, F. et al. Miner Deposita (2019).
DOI: *https: //doi.org/10.1007/s00126-019-00915-2*

Crossfit cerebral

Matemática, ilusiones y humor

La revolución científica

Ahora que terminó el mandato presidencial, podemos revelar la verdad: los cuatro años de macrismo fueron un verdadero experimento científico (de mercado). Más que el reino de la oferta y la demanda, fue el del ensayo y error. Se aplicó, además, una curiosa y revolucionaria concepción experimental: el error, en sí, era más valioso que el ensayo.

Estimamos que esta concepción estaba basada en una extraña teoría, cuyo origen científico desconocemos, pero que ha sido exitosa en más de un país, que se enuncia como 'Cuanto más nos equivocamos, más nos votan'.

No tenemos claro si esa teoría deriva de alguna experiencia real o es imaginario puro (diría un lacaniano). Tampoco si fue realmente probada en seres humanos, o si los sujetos sometidos a la prueba fueron de otra especie. Esto pondría en jaque ciertas tesis sociológicas tradicionales, según las cuales las demás especies no votan.

Claro está que, como siempre, hay divergencias conceptuales, pues algunos socioantropozoólogos opinan que los animales sí votan. Ellos dicen que existe:

- el voto avestruz, que esconde la cabeza como diciendo 'yo no lo voté, háganse cargo ustedes';
- el voto loro, que repite lo que escucha, lee o ve en los medios, tantas veces que se lo apropia y cree que es lo que él o ella misma pensó;
- el voto escorpión, que va contra sus propios intereses, pero el veneno es más fuerte, está en sus genes hacerle daño a los demás, aunque el o ella misma perezca en el intento;
- el voto yegua, bisonte, peludo, tortuga, gato, pingüino…,
- y, por supuesto, el voto gorila, que contradice lo expuesto hace unos párrafos (eso de "cuanto más nos equivocamos…") proponiendo: "No, no se equivocan, ese es el único camino posible", al tiempo que tratan de poner a las demás especies en algún laberinto del que no puedan salir en cien años, y proponen volver a tiempos pavlovianos en los que solo se puede comer cuando suene el timbre.

Pero más allá de disquisiciones de fauna, hemos sido, sin duda, sujetos –me cabe decir objetos– de prueba de esta verdadera revolución: trataron de ver hasta dónde nos bancábamos sus cambios de paradigma, y deben estar frustrados, porque parece que fue mucho menos de los que ellos querían.

Por ejemplo, cambiaron el lenguaje. Así 'mentira' pasó a llamarse 'posverdad', 'asalariado' fue 'costo social', 'jubilado' cambió a 'excedente', 'tarifazo' a 'sinceramiento', 'gobierno' a 'mercado', 'ley' a 'tendencia', 'juicio' a 'prejuicio', 'seguridad' a 'persecución', y tantas otras palabras. Algunas, como 'atractividades' o 'desenvolvidos', parecerían en principio ser simplemente errores, pero dado que las mencionó el infalible primer autoritario electo, ya se encargará la Academia de darles curso.

También las matemáticas tuvieron lo suyo. Mostraron que 'cero' es igual a 'veinte millones'. ¿Imposible? Nooo, lo hicieron: prometieron 'pobreza cero' y se fueron con 20 millones de pobres. Si estudiamos la ecuación y aceptamos la hipótesis de que 'la pobreza tiene que ver con el conjunto de pobres', entonces

Pobreza cero = 20 millones de pobres

Simplificamos tachando 'pobreza' y 'de pobres' (que es lo que ellos hicieron estos cuatro años: tachar la pobreza, u ocultarla), y da:

0 = 20.000.000

La antropología y la sociología, sin duda, han sido afectadas, a partir de una extraña definición de los grupos humanos. Por ejemplo, cuando decía: 'Todos tendrán que hacer un esfuerzo' y cuando decía 'Todos vamos a estar mejor', 'todos' no se refería a las mismas personas.

La ciencia en general podrá contar con nuevos paradigmas. Por ejemplo, a partir de esta revolución, cualquier biólogo, médico, meteorólogo, sismólogo o quien fuera, ante el evidente fracaso de sus pronósticos, y ante las trágicas consecuencias que puedan devenir, tiene la herramienta infalible para salir airoso: 'Pasaron cosas'. Pareciera que el 40% de los seres humanos toma esa respuesta como válida.

Nos detenemos aquí, esperando que ellos, también, se hayan detenido aquí.

Rudy

Sopa de eles

¿Se puede cubrir –enteramente y sin superposiciones– un tablero de ajedrez con eles de dos casilleros de alto por dos de ancho?

¿Y si además de las eles se admiten íes, es decir rectángulos de 6 x 1 casilleros, colocados tanto en forma vertical como horizontal?

Corré esas torres

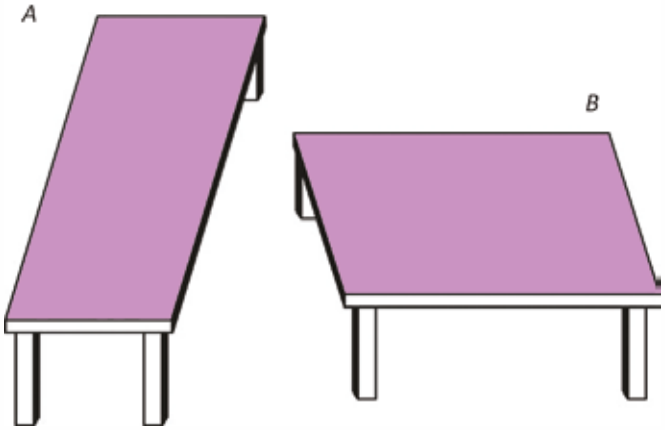
Las 64 casillas de un tablero de ajedrez, dispuestas en 8 filas y 8 columnas iguales, se numeran consecutivamente de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba, comenzando por la superior izquierda, a la que se le pone 0, y terminando por la inferior derecha, con el número 63 (0 a 7 en la primera fila, 8 a 15 en la segunda, etcétera).

a) ¿Se puede colocar en el tablero 8 torres que no se ataquen entre sí?

b) Si se pudiera, y se sumara los números de las casillas donde se ubicaron, ¿a cuánto ascendería esa suma?

0	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63

Vemos en 2D, percibimos en 3D: ¿cuál de las mesas es más larga?



Aunque te parezca increíble, tanto el ancho como el largo de las tablas violetas de ambas mesas son exactamente iguales. Te proponemos que lo corrobores con una regla. ¿Por qué, entonces, se percibe la de la izquierda como más larga y la de la derecha como más ancha? Se trata de una ilusión óptica llamada *mesas de Shepard*, publicada por el psicólogo Roger Shepard de la Universidad de Stanford en 1990.

Ella pone en evidencia cómo es nuestro procesamiento visual de profundidad. Nosotros vemos en dos dimensiones, porque nuestra retina actúa como una pantalla en 2D, pero nuestra corteza visual (en el cerebro) interpreta la imagen y la percibimos en tres dimensiones. Para eso, integra en una única imagen la información que le llega de cada ojo, es decir, convierte información monocular en binocular. El dibujo utilizado (técnicamente, *perspectiva axonométrica*) pone en evidencia este fenómeno y nos confunde sobre las medidas de las mesas. En este caso, nuestra percepción está culturalmente condicionada, pero esa es otra historia.

#TeRegaloUnTeorema

Teorema del cumpleaños: para entender las casualidades

Va en forma de pregunta:

¿Cuántas personas tiene que haber en un grupo para que la probabilidad de que haya al menos dos que cumplen el mismo día sea mayor a 50%?

Teorema: 23 personas son suficientes.

Si queremos que esa probabilidad sea 97%, necesitamos por lo menos 50 personas; para que sea 99,9%, 70. Más claro: en un grupo de 70 personas, hay un 99,9% de probabilidades de que por lo menos dos cumplan años el mismo día. Al lector incrédulo se le sugiere juntar 70 personas y ver si encuentra dos que satisfagan lo anterior.

La demostración del teorema supone que la cantidad de nacimientos por día no cambia a lo largo del año, cosa que es falsa, pero después probaremos que tal hipótesis es innecesaria. También supone que no hay nacimientos el 29 de febrero, algo igualmente falso pero prescindible.

Demostración

Vamos a calcular la probabilidad de que eso no pase. Es decir, que en un grupo de 23 personas, todas cumplan en días distintos. Podemos numerar a las personas del 1 al 23 y al evento en que estamos interesados, repensarlo como que la persona 2 no cumpla el mismo día que la persona 1, que la 3 no cumpla el mismo día que la 2 ni que la 1, etcétera, y que la persona 23 no cumpla el mismo día que ninguna de las personas de la 1 a la 22.

La primera probabilidad es 364 / 365, la segunda (condicional a la ocurrencia del evento anterior) es 363 / 365, luego 362 / 365, y así sucesivamente hasta llegar a 343 / 365. To-

das son probabilidades condicionales a todo lo que ocurrió antes. Entonces la probabilidad que buscamos –que dos no cumplan el mismo día– es:

$$(364 / 365) \times (364 / 365) \times \ldots \times (364 / 365) = 0{,}492703$$

Entonces la probabilidad de que haya dos que cumplen el mismo día es 1 - 0,492703 = 0,507298. ¡Y listo! ¡Al que llegó hasta acá, feliz cumple! Aplauso, medalla y beso. Y bolsita con caramelos.

Lo que sigue es para osados. Parece razonable pensar que en ciertos días se concentran más nacimientos que en otros, es decir, que no todos los días sean equiprobables para nacer. En tal caso, la probabilidad de que haya por lo menos dos personas que cumplan el mismo día aumenta.

(¿Por qué?)

Eso se puede demostrar usando la siguiente desigualdad, que invitamos al lector a demostrar.

Para cualesquiera números reales a y b:

$$\left(\frac{a+b}{2}\right)^2 \geq a.b$$

Usando esto, vamos a probar.

Otro teorema del cumpleaños

Si p_1 es la probabilidad de haber nacido el 1 de enero, p_2 la del 2 de enero, y así sucesivamente, entonces la probabilidad de que en un grupo de 23 personas haya por lo menos dos que cumplen años el mismo día se minimiza cuando $\mathbf{p_1 = p_2 = p_3 = \cdots = p_{365}}$.

Primero observemos que encontrar dos cumpleaños el mismo día es equivalente a colocar bolitas en urnas. Una urna por cada día del año y una bolita por cada persona del grupo. Tenemos 365 urnas y 23 bolitas. Colocamos cada una de las bolitas en una urna elegida al azar. Si dos bolitas caen en la misma urna, significa que hay dos personas que cumplen el mismo día. Queremos calcular entonces la probabilidad de que haya (al menos) dos bolitas en una misma urna.

Si los cumpleaños se distribuyeran uniformemente a lo largo del año, cada bolita tendría probabilidad $p_i = 1 / 365$ de ir a parar a cada una de las urnas. Si por el contrario hubiese días con más cumpleaños que otros, eso se traduce en que habrá urnas con más probabilidad que otras de recibir bolitas. Es decir, cada vez que elegimos una urna al azar para colocar una bolita, les asignamos probabilidades iguales a la probabilidad de nacer en el día respectivo.

Llamemos entonces, para una bolita fija, p_1 a la probabilidad de que la bolita caiga en la urna 1 (la del 1 de enero); p_2 a la probabilidad de que lo haga en la urna 2, y así sucesivamente. Antes supusimos que todos los p_i eran iguales (y por ende valían 1 / 365); ahora veremos qué sucede si son distintos.

Concentrémonos como antes en la probabilidad de que no haya dos cumpleaños iguales. Vamos a ver cómo cambia esa probabilidad cuando pasamos de tener todos los p_i iguales a tener algunos distintos.

Si hubiese 23 personas en el grupo, podríamos calcular (escribir, en realidad, porque no vamos a calcular nada) la probabilidad de que todas las bolitas caigan en distintas urnas como una suma de muchas probabilidades de la forma

$$\mathbf{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdots p_{23}}$$

La que está arriba es la probabilidad de que las 23 personas cumplan todas en días distintos y que además esos días sean justo 1 de enero, 2 de enero, 3 de enero, etcétera.

La probabilidad que estamos buscando es mucho más grande, porque es una cuenta similar pero pudiendo elegir los días en que cumple cada una de las personas, aunque al final se trata de sumar muchas cosas como esa, donde aparecen las p_i correspondientes a los días en que queremos que cumplan.

Ahora la cuestión es si toda esa suma es mayor cuando todos los p_i son iguales o cuando puede haber alguno distinto (o varios, o todos).

Entonces supongamos que tenemos una elección de los p_i en la que no son todos iguales. Por ejemplo p_1 es distinto de p_3. Yo digo que entonces podemos construir una nueva elección de los p_i en la que nuestra probabilidad nos da más grande. La forma de conseguirla es cambiar a p_1 y a p_3 por su promedio $(p_1+p_3) / 2$. Si hacemos eso y volvemos a hacer nuestra cuenta para calcular nuestra querida probabilidad, vamos a ver que muchos términos no cambian.

Todos los términos en los que no aparecen ni p_1 ni p_3 no cambian. Después están los términos en los que aparece p_1 o p_3, pero solo uno de los dos. Estos aparecen en parejas, uno con p_1 y uno con p_3 y el resto de los factores iguales. Por ejemplo está $p_1 \cdot p_2 \cdot p_4 \cdot p_5 \ldots p_{24}$ y $p_3 \cdot p_2 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_{24}$. Así que a cada una de estas parejitas le podemos sacar factor común y nos quedan cosas como

$$\mathbf{(p_1+p_3) \cdot p_2 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdots p_{24}}$$

En todas estas parejitas si cambiamos p_1 por $(p_1 + p_3) / 2$ y a p_3 por $(p_1 + p_3) / 2$, nos queda lo mismo (¿lo ven?)

Hasta ahora no cambió nada, entonces. Pero nos falta mirar los términos que tienen a p_1 y p_3. En todos esos, usando la desigualdad de arriba con $a = p_1$ y $b = p_3$ obtenemos que al cambiar a p_1 y p_3 por su promedio, la cuenta da más grande.

¡Charaaaannnn!

Entonces la cuenta total da más grande. Fijate que siempre va a dar más grande salvo que todos los p_i sean iguales, en cuyo caso, al hacer esto, da igual.

Si llegaste hasta acá, te merecés un cacho de torta. ¡Podés reclamarla!

Y para los recontraosados (nivel Rambo): hay algo que no está del todo bien en la demo, pero quien encuentre el problema sabrá también cómo arreglarlo. Esto último te lo digo para que si pensás que hay algo que no cierra, no creas que el problema sos vos.

Soluciones

Sopa de eles

No se puede. Tengamos en cuenta que cada *l* ocupa dos casilleros blancos y uno negro, o bien dos negros y uno blanco; cada *i* ocupa tres blancos y tres negros alineados.

Supongamos que sí se pudiese. Si llamamos L1 a la cantidad de eles del primer tipo, L2 a la cantidad de eles del segundo tipo, e I a la cantidad de íes utilizadas (que sería igual a 0 si no nos permitimos usar estas piezas), tendremos entonces que la cantidad de casilleros blancos ocupados está dada por:

$$B = 2L1 + L2 + 3I$$

mientras que la cantidad de casilleros negros ocupados está dada por

$$N = L1 + 2L2 + 3I$$

Sumando obtenemos

$$B + N = 3\,(L1 + L2 + 2I)$$

Pero esto es absurdo, pues B + N es igual a 64, la cantidad total de casilleros del tablero de ajedrez, que no es múltiplo de 3.

Corré esas torres

a) Si podemos colocar ocho torres que no se ataquen, solo habría una por fila y una por columna. Esto nos da una idea de cómo hacerlo: pongamos todas en las casillas numeradas del 0 al 7, y simplemente desplacemos hacia abajo 7 de estas torres, dejando 1 en las numeradas del 8 al 15, otra en las numeradas del 16 al 23, etcétera. Como originalmente estaban todas en distintas columnas, y ahora también están en distintas filas, no hay dos que se ataquen. De paso, contando de cuántas formas podemos desplazarlas, podríamos contar el número de formas en que pueden ubicarse y que no se ataquen entre sí.

Ah, también podíamos ponerlas sobre la diagonal: claramente en ese caso no se atacan, pero lo de arriba nos ayuda con lo que sigue.

b) Si colocáramos las torres en la diagonal, la suma de los números de sus casillas sería:

$$0 + 9 + 18 + 27 + \ldots + 63$$

Como el problema da a entender que no importa cómo las ubiquemos, la suma va a ser siempre la misma, la respuesta debe ser 9 x (1 + 2 + … + 7) = 9 x 28 = 252.

Bien, es un poco tramposa esa respuesta… ¿siempre suman lo mismo? Si las tenemos ubicadas de otra manera, pero no se atacan entre sí, habrá 1 en cada columna y 1 en cada fila. Consideremos sucesivamente las filas (a cuyos números llamamos k) y escribamos los números de sus ocho casillas:

- Para la fila 1, son de la forma 0 + k, con k de 0 a 7.
- Para la fila 2, son de la forma 8 + k, con k de 0 a 7.
- Para la fila 3 son de la forma 2 x 8 + k, con k de 0 a 7.
- Para la fila 4 son de la forma 3 x 8 + k, con k de 0 a 7.
- Para la fila 5 son de la forma 4 x 8 + k, con k de 0 a 7.
- Para la fila 7 son de la forma 5 x 8 + k, con k de 0 a 7.
- Para la fila 7 son de la forma 6 x 8 + k, con k de 0 a 7.
- Para la fila 8 son de la forma 7 x 8 + k, con k de 0 a 7.

La solución ahora resulta clara: como las torres están en distintas filas, tenemos que sumar los números:

$$(0 \times 8) + (1 \times 8) + \ldots + (7 \times 8)$$

y como están en distintas columnas, tenemos que sumar también

$$0 + 1 + \ldots + 7$$

Nos olvidamos de los ceros; agrupamos el resto sacando factor común y advertimos que 1 está 9 veces, lo mismo los demás hasta el 7. Queda entonces como suma:

$$(1 \times 9) + (2 \times 9) + \ldots + (7 \times 9) = 252$$

Una digresión. Muchas veces se oye decir que en matemáticas se simplifica el problema a resolver para entenderlo, y que luego se lo generaliza. Está implícito que se reduce el problema a uno más fácil, pero sucede que a veces es más fácil encarar un problema más grande. Para el caso del ajedrez, podríamos analizar primero un tablero de 2 x 2 casilleros, luego pasar a uno de 3 x 3, y así sucesivamente. Sin embargo, lo más conveniente sería encarar directamente un tablero de 10 x 10.

¿Por qué? Porque ese tamaño coincide con la base de nuestra numeración. En tal tablero, cada columna terminaría en un dígito entre el 0 y el 9, y cada fila (decena) comenzaría con un digito entre el 0 y el 10. Por lo tanto, si colocáramos una torre en cada fila, y en cada columna, deberíamos sumar las unidades del 1 al 9, y las decenas del 10 al 90, operaciones más simples que las descriptas para el tablero de 8 x 8.

Si usáramos numeraciones con otras bases –12, 16 o la que fuese–, nos convendría utilizar tableros de esos tamaños.

Equipo de la sección 'Matemática, ilusiones y humor'

Nicolás Fernández Larrosa
Biólogo, IFIBYNE, UBA-Conicet
fernandezlarrosanicolas@gmail.com

Juan Pablo Pinasco
Matemático, UBA-Conicet
jpinasco@gmail.com

Rudy
Humorista
marcelorudy10@gmail.com

Nicolás Sirolli
Matemático, UBA-Conicet
nsirolli@dm.uba.ar

Pablo Groisman
Matemático, UBA-Conicet
pgroisma@dm.uba.ar

Nicolás Pírez (coordinador)
Neurobiólogo, IFIBYNE, UBA-Conicet
npirez@gmail.com

Alfredo Sanzo
Ingeniero, ICC, UBA-Conicet
alfredo.sanzo@gmail.com

Preguntas, comentarios y sugerencias:
contacto@cienciahoy.org.ar

ÍNDICE del volumen 28

Autores

Abba, Agustín M
Los armadillos de la provincia de Buenos Aires, 164: 54
Ver: Emmanuel Zufiaurre
Ver: Susana V García

Alzúa, María Laura
Ver: Pablo Wappner

Armus, Diego
Ángel Roffo y la lucha contra el hábito de fumar, 163: 25

Arrighetti, Florencia
Un mar de plástico, 165: 47

Barale, Jorge
G, j, w: tres grafías recientes, 167: 8
La *h* ¿es una letra?, 165: 17

Barbosa, Sebastián
Carl Benedikt Frey. Entrevistado por Daniel Schteingart, 167: 43

Barral, María Elena
Catolicismo argentino y ciencias sociales, 164: 29

Bilenca, David N
Ver: Agustín M Abba
Ver: Emmanuel Zufiaurre

Binetti, Jesús
Ver: María Elena Barral

Blettler, Diego
Abejas y cultivos de soja, 166: 49

Bunicontro, María Paula
Puerto Madryn. Crecimiento urbano, conservación ambiental y turismo, 167: 26

Burucúa, José Emilio
Ver: Nicolás Kwiatkowski

Buschini, José
Ver: Diego Armus

Bustamante Vismara, José
Las escuelas públicas en tiempos de caudillos, 164: 44

Calvo, Ernesto J
Litio, un recurso estratégico para el mundo actual, 164: 16
Ver: Pablo Wappner

Calzetta, Esteban
Ver: Pablo Wappner

Caminos, Noelia
Color y percepción del sabor de los alimentos, 163: 31

Cariou, Gautier
Alzheimer: la pista epigenética, 164: 11

Cassani, Florencia
Pensar con el intestino, 167: 12

Cassini, Guillermo H
Ver: Susana V García

Chemez, Daniela
Ver: Diego Blettler

Ciccioli, Patricia
Los Andes y la subducción de la placa de Nazca, 165: 14

Ciencia Hoy
Acto de reconocimiento por 30 años de trayectoria, 165: 7
Antropología y religión, 165: 15
Extraños veleros, 163: 35
La genial visión de una mente vigorosa, 165: 39
Las formas de los huevos aviares, 165: 12
Nuestro eclipse sanjuanino, 166: 15
Peces de las profundidades marinas ven colores en la oscuridad, 166: 16
Salvaguardas éticas en la investigación biomédica, 163: 12
¿Un aminoácido generado en la naturaleza sin intervención de un organismo vivo?, 167: 10
Una cuestión de medida, 163: 14

Coda, José Antonio
Ver: María Daniela Gómez

Codesido, Mariano
Ver: Emmanuel Zufiaurre

Coluccio Leskow, Federico
Enemigos íntimos, 163: 11
Poder mental, 168: 11
¿Podrían los chimpancés aprender a cocinar?, 166: 13
Virus al rescate, 163: 10

Cornaglia, Pablo S
Cómo prender una lámpara con la estufa, 163: 56

Costilla, Julia
El diablo y su cola en el lago Titicaca, 163: 17

Cruz, Laura E
¿Hubo elefantes en América del Sur?, 168: 42

Cuellas, Anahí
Ver: Noelia Caminos

Curino, Alejandro
Cuán grande es nuestro pecado, 164: 12

Damborenea, Cristina
Invertebrados cleptómanos, 165: 10

De Rito, Mara
Ver: Lorena P Herrera

Debroise, Anne
Un antivirus que viene de la prehistoria, 164: 13

Dias da Silva, Elson
Ver: Christopher Uhl

Díaz, Rodrigo
Gliese 411b. Encuentro cercano con un nuevo exoplaneta, 166: 27

Escapa, Ignacio H
Ver: Juan L García Massini

Fagúndez, Guillermina
Ver: Diego Blettler

Farji-Brener, Alejandro G
Transporte cooperativo en hormigas. Cómo actúan al unísono sin control, 168: 29

Fernández Larrosa, Nicolás
Crossfit cerebral, 167: 51
Crossfit cerebral, 168: 56

Gangui, Alejandro
Eclipses, acontecimientos celestes inusuales, 165: 53
Electroaerodinámica, o cómo volar por impulso iónico, 166: 14

García, Jaime
Guía del cielo nocturno. Número 44, enero-junio de 2019, 163: 61
Guía del cielo nocturno. Número 45, julio-diciembre de 2019, 165: 60
Guía del cielo nocturno. Número 46, enero-junio de 2020, 167: 60

García, Susana V
La mulita de Mazza, 164: 60

García Massini, Juan L
Sistemas de aguas termales: una ventana sobre la Patagonia Mesozoica, 168: 45

Gattone, Aníbal
Planetas en la zona habitable, 167: 11

Gervasoni, Carlos
Democracia y autoritarismo en las provincias argentinas, 164: 24

Giménez de Castro, Guillermo
Eclipses de Sol, teléfonos celulares y ciencia ciudadana, 165: 55

Gómez, María Daniela
Agricultura orgánica y biodiversidad, 165: 18

Gravano, Agustín
La revolución de la inteligencia artificial: derribando mitos, 167: 46

Groisman, Pablo
Ver: Nicolás Fernández Larrosa

Guido, Diego M
Ver: Juan L García Massini

Herrera, Lorena P
El paisaje serrano de Tandilia: un tesoro geológico, ecológico y cultural, 163: 44

Hudson, Hugh
Ver: Guillermo Giménez de Castro

Izaguirre, Irina
¿De qué nos habla el fitoplancton?, 167: 18

Kauffman, J Boone
Ver: Christopher Uhl

Kravetz, Sebastián
Armillaria gallica, un hongo gigante que elude envejecer, 168: 10

Kwiatkowski, Nicolás
Los elefantes en el mundo simbólico de tres continentes, 168: 35

La Recherche
Una marea de desperdicios plásticos, 164: 14

Ledda, Fernanda
Ver: Gustavo Paratcha

Luzzi, Mariana
El dólar, la popular moneda argentina, 168: 23

Marino Buslje, Cristina
Aprender para predecir. La bioinformática como herramienta de estudio en biología, 167: 13

Martinez, Mariano
Origen y evolución de las células eucariotas, 168: 13

Montti, Lía
Ver: Lorena P Herrera

Morosi, Luciano Gastón
¿Qué es el material genético?, 165: 25

O'Farrell, Inés
Ver: Irina Izaguirre

Olivieri, Alejandro C
La tabla periódica de los elementos, 165: 41

Paratcha, Gustavo
GDNF: una esperanza para el tratamiento del Parkinson, 163: 51

Parisi, Gustavo
Ver: Cristina Marino Buslje

Pascual, Guido
Ver: Noelia Caminos

Pedrazzini, Pablo
Ver: Pablo S Cornaglia

Pérez, Inés
Aparatos domésticos y liberación femenina, 166: 59

Pinasco, Juan Pablo
Ver: Nicolás Fernández Larrosa

Pino, Ailén
Ver: Noelia Caminos

Pírez, Nicolás
Cinco minutos más. Tengo sueño…, 164: 10
Ver: Nicolás Fernández Larrosa

Priotto, José Waldemar
Ver: María Daniela Gómez

Reula, Oscar
'Fotografía' de un agujero negro, 166: 10

Rosso, Ayelén
Una cuestión de fama: nuestras bacterias intestinales, 166: 12

Rudy
Ver: Nicolás Fernández Larrosa

Sabatino, Malena
Ver: Lorena P Herrera

Sánchez, María Laura
Ver: Irina Izaguirre

Sanzo, Alfredo
Ver: Nicolás Fernández Larrosa

Sirolli, Nicolás
Ver: Nicolás Fernández Larrosa

Soiza Reilly, Mariano
Antidepresivos durante el embarazo, 168: 12

Spivak, Eduardo
Los ojos de los animales, 166: 18

Túnez, Juan I
Ver: Susana V García

Uhl, Christopher
Los caminos del fuego en la Amazonia, 166: 33

Valdés, Joaquín
Adiós al kilogramo patrón, 165: 35

Villar, Diego
Los árboles y el bosque, 166: 4

Vizcaíno, Sergio F
Los armadillos gigantes del Pleistoceno, 164: 56
Ver: Susana V García

Vossler, Favio G
Meliponas, abejas melíferas sin aguijón, 166: 42

Wappner, Pablo
Los premios Nobel 2019, 167: 35

Wilkis, Ariel
Ver: Mariana Luzzi

Zubeldia Brenner, Lautaro
Producción nacional de vacunas: ¿una meta imposible?, 168: 15

Zufiaurre, Emmanuel
Las aves en los rastrojos, 164: 34
Ver: Agustín M Abba

Artículos

Abejas y cultivos de soja
Diego Blettler, Guillermina Fagúndez y Daniela Chemez, 166: 49

Agricultura orgánica y biodiversidad
María Daniela Gómez, José Antonio Coda y José Waldemar Priotto, 165: 18

Aguas termales: una ventana sobre la Patagonia mesozoica, Sistemas de
Juan L García Massini, Ignacio H Escapa y Diego M Guido, 168: 45

Amazonia, Los caminos del fuego en la
Christopher Uhl, J Boone Kauffman y Elson Dias da Silva, 166: 33

Aparatos domésticos y liberación femenina
Inés Pérez, 166: 59

Armadillos de la provincia de Buenos Aires, Los
Agustín M Abba, Emmanuel Zufiaurre y David N Bilenca, 164: 54

Armadillos gigantes del Pleistoceno, Los
Sergio F Vizcaíno, 164: 56

Aves en los rastrojos, Las
Emmanuel Zufiaurre, Mariano Codesido, Agustín M Abba y David Bilenca, 164: 34

Bioinformática como herramienta de estudio en biología, Aprender para predecir. La
Cristina Marino Buslje y Gustavo Parisi, 167: 13

Catolicismo argentino y ciencias sociales
María Elena Barral y Jesús Binetti, 164: 29

Democracia y autoritarismo en las provincias argentinas
Carlos Gervasoni, 164: 24

Diablo y su cola en el lago Titicaca, El
Julia Costilla, 163: 17

Dólar, la popular moneda argentina, El
Mariana Luzzi y Ariel Wilkis, 168: 23

Elefantes en América del Sur?, ¿Hubo
Laura E Cruz, 168: 42

Elefantes en el mundo simbólico de tres continentes, Los
Nicolás Kwiatkowski y José Emilio Burucúa, 168: 35

Escuelas públicas en tiempos de caudillos, Las
José Bustamante Vismara, 164: 44

Exoplaneta, Gliese 411b. Encuentro cercano con un nuevo
Rodrigo Díaz, 166: 27

Fitoplancton?, ¿De qué nos habla el
Irina Izaguirre, Inés O'Farrell y María Laura Sánchez, 167: 18

Genial visión de una mente vigorosa, La
Ciencia Hoy, 165: 39

Hormigas. Cómo actúan al unísono sin control, Transporte cooperativo en
Alejandro G Farji-Brener, 168: 29

Inteligencia artificial: derribando mitos, La revolución de la
Agustín Gravano, 167: 46

Kilogramo patrón, Adiós al
Joaquín Valdés, 165: 35

Litio, un recurso estratégico para el mundo actual
Ernesto J Calvo, 164: 16

Material genético?, ¿Qué es el
Luciano Gastón Morosi, 165: 25

Meliponas, abejas melíferas sin aguijón
Favio G Vossler, 166: 42

Mulita de Mazza, La
Susana V García, Agustín M Abba, Sergio F Vizcaíno, Guillermo H Cassini y Juan I Túnez, 164: 60

Ojos de los animales, Los
Eduardo Spivak, 166: 18

Paisaje serrano de Tandilia: un tesoro geológico, ecológico y cultural, El
Lorena P Herrera, Lía Montti, Malena Sabatino y Mara De Rito, 163: 44

Parkinson, GDNF: una esperanza para el tratamiento del
Gustavo Paratcha y Fernanda Ledda, 163: 51

Plástico, Un mar de
Florencia Arrighetti, 165: 47

Producción nacional de vacunas: ¿una meta imposible?
Lautaro Zubeldia Brenner, 168: 15

Puerto Madryn. Crecimiento urbano, conservación ambiental y turismo
María Paula Bunicontro, 167: 26

Roffo y la lucha contra el hábito de fumar, Ángel
Diego Armus y José Buschini, 163: 25

Tabla periódica de los elementos, La
Alejandro C Olivieri, 165: 41

Cartas de lectores

¿Ciencia normal, revolución científica o revolución permanente del conocimiento?
Jorge Hintze, 166: 6

Lector disconforme
Alfredo Morandini, 166: 7

Maestra entusiasta
Amalia Chaneton, 168: 7

Mapa incomprensible
Carlos Reboratti, 166: 6

Prácticas antirrepublicanas
Clotilde Bogado, 166: 7

Tabla periódica, La
Luis F Bertello, 166: 7

Terminología científica
Luis F Bertello, 164: 7

Terminología científica y lenguaje culto
Martín Roubicek, 166: 6

Ciencia en el aula

Cómo prender una lámpara con la estufa
Pablo S Cornaglia y Pablo Pedrazzini, 163: 56

Ciencia en el mundo

Premios Nobel 2019, Los
Pablo Wappner, Esteban Calzetta, María Laura Alzúa y Ernesto J Calvo, 167: 35

Ciencia y sociedad

Color y percepción del sabor de los alimentos
Noelia Caminos, Ailén Pino, Guido Pascual y Anahí Cuellas, 163: 31

Cuestión de medida, Una
Ciencia Hoy, 163: 14

Eclipses, acontecimientos celestes inusuales
Alejandro Gangui, 165: 53

Eclipses de Sol, teléfonos celulares y ciencia ciudadana
Guillermo Giménez de Castro y Hugh Hudson, 165: 55

Veleros, Extraños
Ciencia Hoy, 163: 35

Columna lingüística

G, j, w: tres grafías recientes
Jorge Barale, 167: 8

H ¿es una letra?, La
Jorge Barale, 165: 17

Editorial

30° aniversario, 163: 4

Acceso abierto a publicaciones científicas, 167: 4

Árboles y el bosque, Los
Diego Villar, 166: 4

Ciencia y tecnología en la Argentina de hoy, 165: 4

Minería argentina en contexto, La, 164: 4

Sector de ciencia y tecnología ante la Ley de Economía del Conocimiento, El, 168: 4

Entrevista

Frey entrevistado por Daniel Schteingart, Carl Benedikt
Sebastián Barbosa, 167: 43

Grageas

Agujero negro, 'Fotografía' de un
Oscar Reula, 166: 10

Alzheimer: la pista epigenética
Gautier Cariou, 164: 11

Aminoácido generado en la naturaleza sin intervención de un organismo vivo?, ¿Un
Ciencia Hoy, 167: 10

Andes y la subducción de la placa de Nazca, Los
Patricia Ciccioli, 165: 14

Antidepresivos durante el embarazo
Mariano Soiza Reilly, 168: 12

Antivirus que viene de la prehistoria, Un
Anne Debroise, 164: 13

Antropología y religión
Ciencia Hoy, 165: 15

Bacterias intestinales, Una cuestión de fama: nuestras
Ayelén Rosso, 166: 12

Células eucariotas, Origen y evolución de las
Mariano Martinez, 168: 13

Chimpancés aprender a cocinar?, ¿Podrían los
Federico Coluccio Leskow, 166: 13

Cinco minutos más. Tengo sueño…
Nicolás Pírez, 164: 10

Cuán grande es nuestro pecado
Alejandro Curino, 164: 12

Desperdicios plásticos, Una marea de
La Recherche, 164: 14

Eclipse sanjuanino, Nuestro
Ciencia Hoy, 166: 15

Electroaerodinámica, o cómo volar por impulso iónico
Alejandro Gangui, 166: 14

Enemigos íntimos
Federico Coluccio Leskow, 163: 11

Hongo gigante que elude envejecer, *Armillaria gallica*, un
Sebastián Kravetz, 168: 10

Huevos aviares, Las formas de los
Ciencia Hoy, 165: 12

Intestino, Pensar con el
Florencia Cassani, 167: 12

Invertebrados cleptómanos
Cristina Damborenea, 165: 10

Investigación biomédica, Salvaguardas éticas en la
Ciencia Hoy, 163: 12

Peces de las profundidades marinas ven colores en la oscuridad
Ciencia Hoy, 166: 16

Planetas en la zona habitable
Aníbal Gattone, 167: 11

Poder mental
Federico Coluccio Leskow, 168: 11

Virus al rescate
Federico Coluccio Leskow, 163: 10

Matemáticas, ilusiones y humor

Crossfit cerebral
Nicolás Fernández Larrosa, Pablo Groisman, Juan Pablo Pinasco, Nicolás Pírez, Rudy, Alfredo Sanzo y Nicolás Sirolli, 167: 51

Crossfit cerebral
Nicolás Fernández Larrosa, Pablo Groisman, Juan Pablo Pinasco, Nicolás Pírez, Rudy, Alfredo Sanzo y Nicolás Sirolli, 168: 56

Nota

Acto de reconocimiento por 30 años de trayectoria
Ciencia Hoy, 165: 7

Guía del cielo nocturno. Número 44, enero-junio de 2019
Jaime García, 163: 61

Guía del cielo nocturno. Número 45, julio-diciembre de 2019
Jaime García, 165: 60

Guía del cielo nocturno. Número 46, enero-junio de 2020
Jaime García, 167: 60

SUSCRIBITE A CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!

Para suscribirte, ingresá a:
www.chicosdecienciahoy.org.ar

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

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