CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 28 número 164 marzo - abril 2019
Ejemplar en la Argentina $185

litio

recurso estratégico

Democracias provinciales
Aves en los rastrojos

Catolicismo y ciencias sociales
Armadillos

ISSN 0327 - 1218
00164

CIENCIA HOY

CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS

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

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

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Pablo Enrique Penchaszadeh

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

Sede: Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5° A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel.: (011) 4961-1824 y Fax: (011) 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

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

José X Martini
Asociación Ciencia Hoy

Paulina E Nabel
Asociación Ciencia Hoy

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

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

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

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

Consejo científico

Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), 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
Guillermo Abramson (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, $1.180 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 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 (PayU)

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 5356850

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

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

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

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

Sumario

Marzo – abril 2019
Volumen 28 - número 164

EDITORIAL

4 La minería argentina en contexto

CARTA DE LECTOR

7 Terminología científica

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

8 Volumen 4 - número 23
Marzo - abril 1993

10 GRAGEAS

ARTÍCULO

17 Litio, un recurso estratégico para el mundo actual
Ernesto J Calvo

El invento en la década de 1980 de la conocida batería recargable de ion-litio, que condujo en algunos años a una explosión en el uso de la electrónica portátil, generó también una vigorosa demanda de los compuestos de litio necesarios para fabricarla y, por extensión, un fuerte crecimiento de la minería de litio. Hoy esta enfrenta un nuevo ciclo de expansión, que podría ser mayor que el primero, por el uso de esas baterías en autos eléctricos. La Argentina, Bolivia y Chile ya comenzaron a ser parte de esta historia por las cuantiosas reservas de litio que existen en sus salares altoandinos.

ARTÍCULO

24 Democracia y autoritarismo en las provincias argentinas
Carlos Gervasoni

Hay provincias argentinas que no son realmente democráticas porque, aunque en las formas respetan las instituciones republicanas, en los hechos exhiben una concentración de poder en quien gobierna de tal magnitud que hace frecuentes las prácticas autoritarias. Pero tampoco son enteramente autoritarias, porque celebran elecciones con voto universal, existen partidos opositores que disputan el poder y se respetan algunas libertades políticas. Aquellas cuyas economías dependen de recursos fiscales nacionales coparticipados y de regalías por recursos naturales son más propensas a caer en hábitos autoritarios.

ARTÍCULO

29 Catolicismo argentino y ciencias sociales
María Elena Barral y Jesús Binetti

Como legado de la colonización hispánica, la Iglesia Católica ocupó un lugar prominente a lo largo de la historia argentina, el que conserva parcialmente en la actualidad. Esta situación la convirtió en un objeto sui géneris de estudio para las ciencias sociales. Así, la historiografía tendió hasta hace poco a concentrarse en versiones militantes a favor o en contra del catolicismo, y solo en tiempos más recientes renovó su enfoque, mientras que disciplinas como la antropología, la ciencia política o la sociología han comenzado a ocuparse del fenómeno religioso.

ARTÍCULO

35 Las aves en los rastrojos
Emmanuel Zufiaurre, Mariano Codesido, Agustín M Abba y David Bilenca

Palomas torcazas, cotorras y otras especies de aves generan pérdidas no despreciables en los cultivos de la región pampeana. Con la generalización de la práctica de siembra directa, se ha advertido una llamativa abundancia de esas aves, favorecida por el hecho de que la supresión de la labranza deja en los rastrojos semillas en abundancia a su disposición después de cada cosecha, que se derraman durante la siega. Antes, cuando se araban los lotes, esos alimentos quedaban enterrados. Reducir la cantidad de los alimentos que las aves encuentran en los rastrojos es un camino para morigerar la abundancia de ellas y por consiguiente el daño que pueden infligir en otras etapas de los cultivos.

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET

40 Ciencia en tu vida

ARTÍCULO

45 Las escuelas públicas en tiempos de caudillos

José Bustamante Vismara

Suele pensarse que la escuela primaria argentina comenzó con la acción de Domingo F Sarmiento, la cual se consolidó en 1880 con la ley 1420 de educación primaria común, laica, gratuita y obligatoria. Sin embargo, desde varias décadas antes, con gobernadores-caudillos al frente de varias de las antiguas Provincias Unidas del Río de la Plata, existieron escuelas con algunos de los rasgos de las sarmientinas, aunque también con cruciales diferencias.

SECCIÓN TEMÁTICA

52 Armadillos

Dos artículos sobre armadillos, un grupo de animales sudamericanos llamados vulgarmente —según sus especies y en distintas regiones— peludos, mulitas, tatús, matacos o quirquinchos, entre otros nombres.

54 Los armadillos de la provincia de Buenos Aires

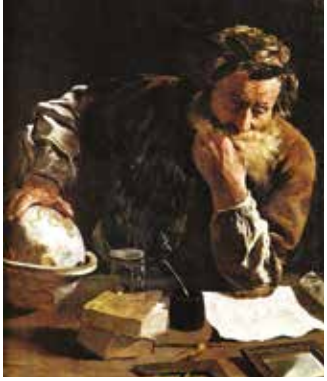
Agustín M Abba, Emmanuel Zufiaurre y David N Bilenca

En el presente, seis especies de armadillos habitan el territorio de la provincia de Buenos Aires, si bien en remotos tiempos pasados y hasta hace unos 8000 años existieron otras, algunas de enorme tamaño, como los gliptodontes. Los cambios recientes en las formas de explotación agropecuaria de la llanura pampeano están afectando dichas seis especies actuales.

60 La mulita de Mazza

Susana V García, Agustín M Abba, Sergio F Vizcaíno, Guillermo H Cassini y Juan I Túnez

En 1933, el responsable de mamíferos del Museo Nacional de Historia Natural, José Yepes, concluyó que una mulita que le había enviado desde Jujuy el microbiólogo y sanitarista Salvador Mazza pertenecía a una especie desconocida. La describió y le dio el nombre de *Dasypus mazzai*. Con la realización de más estudios se llegó años después a la conclusión de que la mulita de Mazza descripta por Yepes era un ejemplar juvenil de la conocida mulita de nueve bandas (*D. novemcinctus*), pero que entre otras catalogadas por este había efectivamente una de una especie nueva, que recibió el nombre de *Dasypus yepesi*. Análisis modernos de ADN, sin embargo, demostraron que Yepes estuvo inicialmente en lo cierto y que, en cambio, la segunda mulita bautizada no tenía identidad específica. Póstumamente, pues, Mazza recuperó su mulita y Yepes perdió la suya.



La minería argentina en contexto

El artículo inicial de este número se refiere a la minería del litio, que ha cobrado importancia en las altiplanicies andinas de Catamarca, Salta y Jujuy impulsada por una fuerte y creciente demanda de compuestos de dicho elemento para fabricar baterías. El uso de esas baterías para impulsar vehículos ha llevado a proclamar que el litio sería el petróleo del siglo XXI, una hiperbólica afirmación difícil de sustentar con las evidencias actuales.

La minería del litio se inscribe en el relativo boom que experimentó la actividad minera en la Argentina a partir de la década de 1990. Relativo porque, si bien para el país se trató de un crecimiento explosivo de la actividad, esta no dejó de ocupar una posición muy marginal en la economía, ya que su contribución al PBI nunca alcanzó el 0,5% (compárese con Chile, para el cual esa cifra se ubica entre el 15% y el 20%). Como se suele repetir, la Argentina no es un país minero, si bien tiene tanto recursos como reservas y minas en explotación, y estas pueden hacer contribuciones sustanciales a la economía de determinadas localidades y hasta provincias.

Los especialistas Roberto Sarudiansky y Hugo Nielson, de la Universidad Nacional de San Martín, han estimado –en este como en muchos otros campos la pobreza estadística del país es notoria, convertida en ausencia durante algunos años recientes– que en los inicios de la década de 1990 la producción minera argentina rondaba los 450 millones de dólares y generaba exportaciones del orden de los 25 millones. También estimativamente, según datos de diversas fuentes sintetizados en el gráfico de la página 6, las exportaciones en estos momentos pueden rondar los 4000 millones.

Cuando se habla de minería se entiende la extracción de sustancias minerales de la corteza de nuestro planeta, más, en muchos casos, su procesamiento y comercialización. Las sustancias que se extraen son variadas, lo mismo que las formas de hacerlo. Entre las primeras se destacan los metales, que son lo que inmediatamente viene a la mente cuando se oye hablar de minería. De hecho, el mencionado boom argentino se produjo en la minería metalífera, de la que es parte la extracción de litio. Otro gran grupo de productos de la minería proviene de canteras: rocas como mármoles y granitos, arena, grava, pizarra, etcétera (técnicamente, minerales no metálicos y rocas de aplicación). La distinción entre minas y canteras más que de orden conceptual es producto de la costumbre, de la misma manera que la costumbre ha llevado a separar el petróleo y el gas natural de la minería, de la que conceptualmente podrían formar parte.

Se asocia naturalmente la minería con actividades subterráneas, pero buena parte de la minería moderna y la mayoría de las explotaciones que causaron el boom argentino son a cielo abierto, por lo que sus costos resultan menores pero su visibilidad las pone obviamente en la mira de los movimientos antiminería que se comentan más adelante. En el número 128 de Ciencia Hoy, de agosto-septiembre de 2012, encontrará el lector un artículo sobre este tipo de minería (Raúl Fernández, 'Minería a cielo abierto', pp. 7-13).

Un conjunto de razones explica el reciente crecimiento de la minería en la Argentina, entre ellas, precios favorables en los mercados internacionales, la apertura de la economía en la década de 1990, la reforma en esos años del marco jurídico de la actividad e, internacionalmente, cambios tecnológicos que desembocaron en maquinaria y organizaciones empresarias capaces de encarar proyectos de enorme escala en cualquier lugar del mundo. Es así que se habla de *megaminería*, la que puede explotar yacimientos en los que el mineral buscado está diluido en grandes volúmenes de roca, que deben ser trituradas para separarlo.

En enorme escala eso puede hacerse a costo unitario bajo. Así, en la mina de oro y plata de Cerro Vanguardia, ubicada en la meseta patagónica a unos 150km al noroeste de Puerto San Julián, en Santa Cruz, operada por la empresa sudafricana AngloGold Ashanti, en 2017 se procesaron 1,1 millones de toneladas de mineral para obtener unos 200kg (0,2t) de bullón dorado, compuesto por 8% de oro y 92% de plata, es decir, cada tonelada de roca procesada contenía en promedio unos 65g de plata más oro.

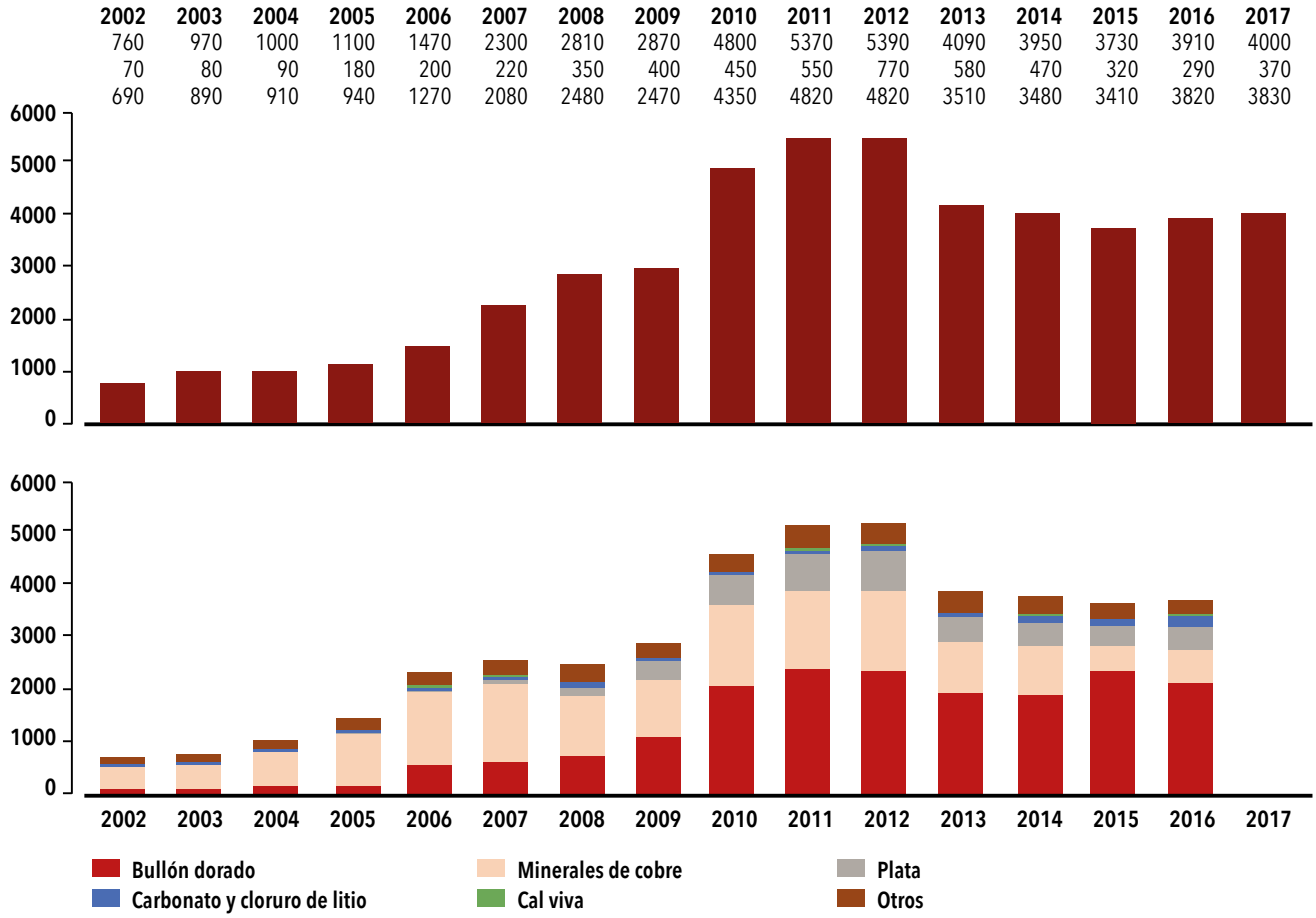
Además de Cerro Vanguardia, algunas de las principales explotaciones mineras metalíferas argentinas de este tipo son:

* *Bajo de la Alumbrera*, en Catamarca, cercana a Belén y al límite con Tucumán. Se extrae cobre y oro. Opera desde 1998.
* *Veladero*, mina de oro y plata que opera desde 2005 en San Juan sobre la frontera chilena a unos 100km al norte del paso de Agua Negra.
* *Gualcamayo*, también de oro y plata, opera desde 2009 en San Juan a corta distancia, al oeste, de la ruta 40 y de la frontera con La Rioja.
* *Pascua Lama*, un raro caso de explotación binacional de un yacimiento de oro sobre la frontera argentino-chilena llamado Pascua en Chile y Lama en la Argentina, que aún no se puso en marcha debido a recursos de amparo ante la justicia chilena basados en posibles daños ambientales. Queda a escasos kilómetros al nornoroeste de Veladero, a la altura del parque nacional argentino de San Guillermo.
* *El Pachón*, yacimiento de cobre y molibdeno situado en San Juan sobre la frontera con Chile y a 90km en línea recta al oeste de Barreal, fue concebido inicialmente como proyecto binacional vinculado con la cercana mina trasandina de Los Pelambres.
* Manantial Espejo, ubicada a unos 50km al oeste de Gobernador Gregores, en el centro de Santa Cruz y cerca de Cerro Vanguardia, es una mina de plata y oro de la empresa canadiense Panamerican Silver, cuya explotación a cielo abierto, operada por su filial Minera Tritón, comenzó en 2009 y concluyó hace algunos meses. Actualmente la firma realiza tareas de reparación ambiental, al tiempo que encaró la extracción subterránea de mineral aurífero en la misma área.
* Cerro Negro, a unos 70km de Perito Moreno, en el norte de Santa Cruz, es una mina aurífera principalmente subterránea operada por la empresa canadiense Goldcorp desde 2014. En función de las reservas hoy conocidas, se estima que estará en explotación por unos doce años.

También se podrían mencionar algunas minas subterráneas de vieja explotación que han sido renovadas con operaciones de cielo abierto, como las de Aguilar (plomo, cinc y plata) y Pirquitas (estaño y plata), en Jujuy, respectivamente a unos 50km al noroeste de Humahuaca y sobre la ruta 40 a unos 50km al norte de Coranzulí.

Las minas de litio en explotación o en etapas previas a ella en la Argentina, a las que se refiere el artículo mencionado al inicio, pueden considerarse parte del reciente boom, pero constituyen un capítulo sui géneris, pues los compuestos de litio no se extraen removiendo tierra o rocas (aunque existen minas de litio en las que se procede así), sino salmuera, que es agua con alta concentración de sales encontrada en salares.

El crecimiento de la actividad minera argentina no estuvo exento de dificultades, similares a las que afloran en la minería de otros lugares del mundo. Por un lado, están los riesgos económicos inherentes de una actividad que



Evolución de las exportaciones mineras entre 2002 y 2017, en millones de dólares corrientes. En la tabla, la primera línea indica los valores anuales de las exportaciones mineras argentinas, representados por las barras del gráfico superior. La segunda línea corresponde al valor de las importaciones del sector minero. La tercera línea, que resulta de la diferencia de las dos anteriores, cuantifica la contribución neta del sector a la balanza de pagos. El gráfico inferior muestra los principales componentes de las exportaciones. Los datos son en gran parte estimaciones de fuentes diversas y se redondearon a la decena más cercana.

requiere un largo tiempo –a veces décadas– y altos desembolsos en sus etapas de prospección y exploración, a los que se suman los de construcción o instalación de la mina y su puesta en marcha, aún mayores. Son todos costos en los que se incurre antes de la explotación y, por ende, de que la mina genere ingresos, y para proyectos de gran magnitud pueden ser de varios miles de millones de dólares.

Por otro lado, como otras grandes obras de ingeniería, proyectar, construir y operar minas plantean considerables desafíos técnicos, financieros, organizativos y gerenciales, que por lo común están más allá de las capacidades disponibles para enfrentarlos, aun en países de desarrollo intermedio, como la Argentina. De ahí que lo habitual sea poner la responsabilidad de los proyectos, en forma parcial o total, en manos de alguna de las grandes empresas internacionales, o de consorcios de ellas, lo cual invariablemente provoca reacciones contrarias de muchos orígenes.

Por último, las minas tienen inevitables consecuencias ambientales, entre otras, la alteración del paisaje, el uso de agua (aunque por lo común en escala mucho menor que la agricultura) o la disposición de residuos tóxicos del tratamiento de los minerales, que conlleva el riesgo de contaminación accidental del suelo y las aguas. En adición, existen repercusiones sociales relacionadas con desplazamientos de grupos humanos para la apertura de minas en lugares inhóspitos y casi despoblados, con la disrupción de las formas tradicionales de vida de los habitantes de esos lugares, y con el ineludible cierre de las explotaciones de recursos no renovables.

Todas esas consecuencias se pueden prevenir y mantener dentro de límites tolerables, pero eso, además de costoso, no siempre se lleva a cabo con éxito, lo cual suscita igualmente fuertes reacciones, que se agregan a las señaladas en el párrafo anterior. En tal contexto surgió el activismo antiminería que se mencionó a anteriormente. De ahí que nuestro editorial en las páginas 4 y 5 del citado número 128 de la revista –que se recomienda leer junto con este– tuviera como título 'La minería: una actividad conflictiva'. Conflictiva sin duda, pero imprescindible en el mundo actual. CH

Carta de lector

Terminología científica

Debo objetar el término 'amperio' empleado para la unidad de corriente eléctrica en la nota 'Una cuestión de medida' (Ciencia Hoy, 28, 163: 16). Según las normas de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), las unidades que usen el nombre de personas no deben modificarse con el cambio de idioma y pueden pluralizarse. En este caso término correcto es *ampere*, como lo son *volt* y no voltio, *watt* y no vatio, etcétera. El uso de desinencias en -io por la Real Academia, siguiendo el uso en España, es erróneo.

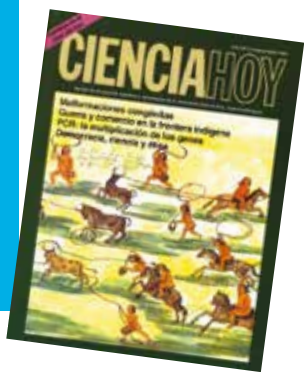
Felicitaciones por el aniversario.

Luis F Bertello
Ex miembro de la Comisión de Magnitudes y Unidades de IUPAC

Los editores agradecen las consideraciones del lector Bertello sobre los términos técnicos, así como sus felicitaciones. Sus observaciones expresan preocupaciones similares a las que cada tanto nos llegan de sociedades científicas o tecnológicas de diversas disciplinas. Como se hace con los artículos que envían los autores, tales inquietudes se someten al arbitraje de expertos en la materia, que, en cuestiones de uso idiomático fuera del ámbito científico y tecnológico, son, justamente, las academias reconocidas de la lengua de los países hispanohablantes, tanto la RAE como sus similares hispanoamericanas. Sus criterios están reflejados en las 'Instrucciones para autores' que da a conocer la revista, y difícilmente puedan reemplazarse por seguir las normas de entidades científicas o tecnológicas, pues a menudo no coinciden entre ellas y, además, difieren del lenguaje formal y cotidiano utilizado en los medios ilustrados de dichos países, a los que pertenece el lector medio al que apuntamos.

Los editores

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY



ECLAMC: UN OBSERVATORIO DE LOS NACIMIENTOS

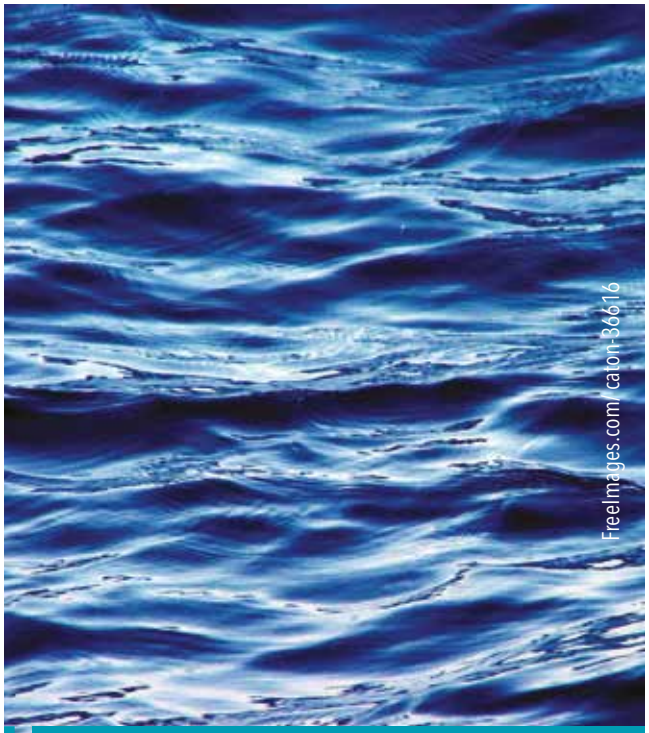
EDUARDO E CASTILLA Y ROBERTO VACCA

El Estudio Colaborativo Latinoamericano de Malformaciones Congénitas (ECLAMC) ha examinado desde su creación, en 1967, más de dos millones de nacimientos producidos en 150 hospitales, apoyados por 15 centros de genética y distribuidos en 40 ciudades de 12 países latinoamericanos. Estas observaciones han dado lugar a un archivo de datos que continúa creciendo a un ritmo de 200.000 nacimientos anuales. La labor realizada por este organismo nos permite contar hoy, en Latinoamérica, con un sistema de colaboración transnacional que no solo produce información, sino que cumple diversas tareas, por ejemplo asistenciales y preventivas, en relación con un tema de tanta importancia para nuestros países como es el de las malformaciones congénitas.

RODOLFO GAMBINI Y JORGE PULLIN: UNA FRUCTÍFERA COLABORACIÓN

POR ANNA DANIELI

La reunión de teorías físicas que parecían irreconciliables ha dado lugar a verdaderas revoluciones científicas; por ejemplo, aquella que se produjo en el presente siglo cuando quedaron asociadas, en la relatividad especial de Albert Einstein, la mecánica clásica y la teoría electromagnética. Actualmente se busca combinar la mecánica cuántica con la teoría de la relatividad general a fin de superar algunas limitaciones de cada una de ellas y en la esperanza de encontrar respuesta a no pocos interrogantes. Los doctores Rodolfo Gambini (uruguayo) y Jorge Pullin (argentino) nos hablan de esta búsqueda y del trabajo por el cual han sido premiados recientemente.



CAMBIOS EN EL NIVEL DEL MAR

NILDA E WEILER

El nivel del mar experimenta, debido a distintos factores, continuos cambios verticales. Un importante aumento global de la temperatura, resultado del incremento del efecto invernadero, daría lugar a procesos tales que conducirían a un notable y rápido ascenso de ese nivel. Las consecuencias que tendría un hecho de esta naturaleza bien pueden definirse como catastróficas.

EN TORNO A UNA MESA REDONDA. LA POLÍTICA ARGENTINA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA: HISTORIA Y PERSPECTIVA

El 23 de abril del presente año, durante la ya tradicional Feria del Libro, tuvo lugar una mesa redonda integrada por políticos y científicos argentinos que reflexionaron acerca del pasado y del futuro de la política de investigación científica del país. Ciencia Hoy ha recogido el pensamiento de los participantes sobre temas de interés para toda la sociedad.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

LA CIENCIA Y LA ÉTICA EN LA DEMOCRACIA

OSVALDO GUARIGLIA

La actitud científica moderna es una combinación de dos componentes: la decisión de valerse en toda circunstancia del propio entendimiento y la voluntad de acatar las reglas de la libre discusión, de la crítica y del mejor argumento. No hay ni ciencia ni tecnología allí donde no imperan el espíritu inquisitivo y las normas éticas propias de una sociedad democrática.

LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA

M LEONARDO SATZ Y ALBERTO R KORNBLIHTT

La reacción en cadena de la polimerasa permite multiplicar entre cientos y millones de veces pequeños fragmentos de ADN. Este resultado, que se obtiene en unas pocas horas, favorece de manera notable el estudio de la estructura y función de los genes. Se trata de una técnica que hace posible identificar un gen a partir de un solo cabello, una célula somática o un espermatozoide. Ha permitido establecer la identidad de personas, por ejemplo de niños hijos de desaparecidos, y tiene aplicaciones médicas que van desde la función diagnóstica (presencia o ausencia de HIV en recién nacidos de madres seropositivas, virus de las hepatitis B y C y enfermedades tales como las hemofilias A y B, la distrofia muscular o la fibrosis quística) hasta la detección de poblaciones residuales de células cancerosas en pacientes sometidos a quimioterapia.

LA LOTERÍA EN ESCANDINAVIA

HÉCTOR VUCETICH

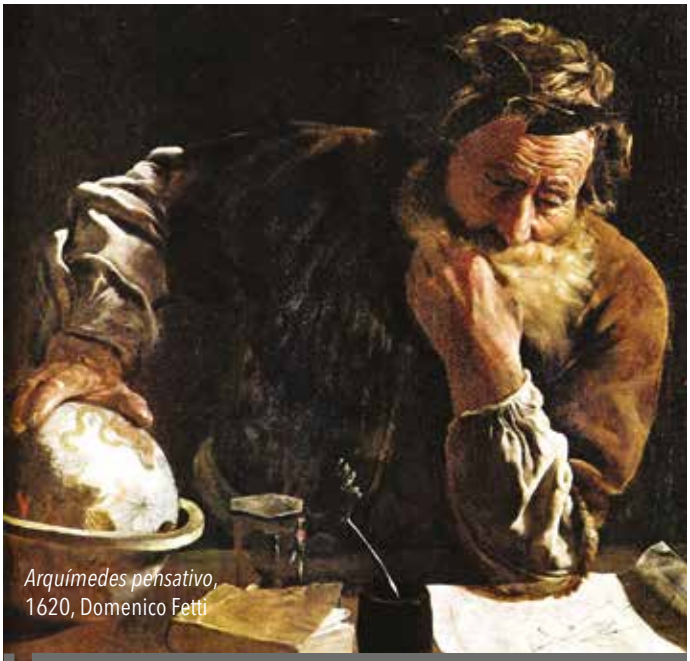
Azar: la suerte, la ciencia y el mundo, de Ivar Ekeland, aborda las relaciones entre el determinismo y el azar en la ciencia y en nuestras vidas. El autor, un amante de las sagas nórdicas (como lo fue Borges, quien es citado con frecuencia en el transcurso de la obra), toma esas sagas como base para desarrollar diversos problemas matemáticos vinculados con el tema del azar.

GUERRA Y PAZ EN LA FRONTERA BONAERENSE DURANTE EL SIGLO XVIII

RAÚL J MANDRINI

Momentos de paz y épocas de guerra caracterizaron, durante el siglo XVIII, las relaciones entre blancos e indígenas en la frontera de Buenos Aires. Para la sociedad indígena, guerra y paz constituyeron estrategias alternativas destinadas a dar respuesta a las necesidades derivadas de las transformaciones que se operaban en su seno.

En los últimas décadas, el análisis de la correspondencia diplomática entre caciques y funcionarios coloniales y republicanos ha renovado la mirada sobre la actividad de los indígenas en las fronteras de la pampa y la Patagonia. Distintos corpus de factura aborigen destacan, junto con las acciones bélicas, la vigencia de prácticas de negociación y acuerdo basadas en el empleo activo de la escritura por los cacicazgos.



Arquímedes pensativo, 1620, Domenico Fetti

EL ENIGMÁTICO NÚMERO PI

EDUARDO FELIZIA

El número pi, cuyo conocido valor 3,1416..., fue calculado en el siglo III a.C. por Arquímedes de Siracusa, y ha sido fuente de interés y preocupación para los matemáticos a lo largo del tiempo. En la actualidad, con el advenimiento de las computadoras, se han llegado a determinar mil millones de dígitos de este número que entró, de la mano de Carl Sagan, en el mundo de la ciencia ficción.

Cinco minutos más. Tengo sueño...

Todos los días, cuando despierto a mi hijo de nueve años para ir al colegio, lo primero que me dice son esas palabras: 'Cinco minutos más, cinco minutos más'. ¡Lo que me espera cuando sea adolescente!

Según los cronobiólogos, llegado ese momento, combatir su resistencia frente a mi desesperado intento para sacarlo de la cama será una lucha perdida. Ello se debe a que, durante los años de la adolescencia, el reloj biológico de los jóvenes está atrasado con respecto al de los adultos. Ese reloj, que regula un conjunto de variaciones fisiológicas y comportamentales, entre ellas los patrones de sueño y vigilia, tiene un período cercano a veinticuatro horas, razón por la que se habla de *ritmos circadianos*.

Cada individuo tiene un ritmo circadiano endógeno, que se sincroniza con estímulos externos como la luz. Sin embargo, existen variaciones individuales en dicha sincronización, lo cual configura diversos *cronotipos*. De estos, se suele describir dos principales, comúnmente llamados alondras y búhos, respectivamente aves del amanecer y nocturnas. Los adolescentes son un claro ejemplo del cronotipo búho, caracterizado por un alargamiento del período de vigilia luego del inicio de la noche. Concomitantemente, se modifica en ellos el ritmo de aumento de la presión homeostática que regula el sueño, la cual se va incrementando a medida que pasan las horas. Estos factores, entre otros, determinan que durante la época escolar los adolescentes duerman menos que las ocho a diez horas recomendadas, y que, además, en las primeras clases de la mañana, si bien parecen estar despiertos, estén prácticamente dormidos, con el consiguiente perjuicio de su rendimiento escolar.

Aunque sobre la base de lo informado por los adolescentes ya se había postulado que si se les permite entrar más tarde a la escuela duermen más, no existían hasta el presente mediciones objetivas ni un estudio sistemático de la cuestión. Eso es justamente lo que realizó un grupo de investigación de la Universidad de Washington, en Seattle, liderado por el biólogo argentino Horacio de la Iglesia, el cual registró de manera rigurosa los efectos de retrasar 55 minutos la hora de inicio de las clases matutinas.

Con el acuerdo del distrito escolar de Seattle, dicho grupo logró que en el año escolar 2016-2017 se llevara el inicio de las clases de las escuelas secundarias de las 7.50 a las 8.45. Al mismo tiempo, utilizando dispositivos llamados actímetros, que se colocan en un brazo y registran en forma constante la actividad motriz –semejantes a los relojes que cuentan cuántos pasos da una persona–, los investigadores midieron de manera precisa, antes del cambio de horario, las horas de sueño y de vigilia de un grupo de aproximadamente noventa adolescentes de dieciséis años, alumnos del antepenúltimo año del secundario de dos escuelas públicas. Las mediciones se realizaron de manera continua durante dos semanas en la primavera boreal de 2016. Al cabo de un año el estudio se repitió con otro grupo de igual tamaño y características equivalentes, cuyos miembros, en consecuencia, concurrían a clase en el horario retrasado desde hacía varios meses. Además de lo anterior, los científicos registraron el rendimiento académico y las ausencias de todos los participantes a lo largo del tiempo de los relevamientos.

Los estudios no solo se realizaron en las mismas escuelas del mismo distrito escolar sino, también, con estudiantes que cursaban la misma materia a cargo de los mismos docentes. Esto es importante pues reduce la variabilidad de la performance de los alumnos. En adición, la medición por instrumentos de las horas de sueño, a diferencia de hacerlo exclusivamente pidiendo a los jóvenes que las registren en planillas, proporciona datos objetivos y confiables.

Los investigadores encontraron que el retraso matutino del horario escolar tuvo un cambio significativo en los alumnos. Durmieron más (34 minutos como incremento mediano), mejoraron su rendimiento en clase y faltaron menos. Son resultados sorprendentes, en línea con lo que supusieron los científi-

ficos en sus hipótesis. Quedó así claro que incrementar las horas de sueño de un estudiante redunda en un mejor rendimiento académico.

En síntesis, la ciencia muestra que el reloj biológico de cada persona (o grupo de personas) debería ser tenido en cuenta al momento de determinar, entre otras cosas, el horario de ingreso a clase, aunque existen numerosas complicaciones para atrasar dicho ingreso en una sociedad como la nuestra, en la que en la mayoría de los hogares ambos padres trabajan y no podrían llevar a sus hijos más tarde a la escuela. Esto abre la puerta para una interesante discusión. De todos modos, hay medidas que podemos tomar, como tener en cuenta el cronotipo de los adolescentes cuando les pedimos que resuelvan operaciones matemáticas en la primera hora de clase, en la que todavía están dormidos. CH

Nicolás Pírez
npirez@gmail.com

Más información en DUNSTER GP *et al.*, 2018, ´Sleepmore in Seattle. Later school start times are associated with more sleep and better performance in high school students´, *Science Advances*, 12, 4, 12: *eaau6200.*

Nota traducida y adaptada de La Recherche*, 542, diciembre de 2018*

Alzheimer: la pista epigenética

Los biólogos han descubierto más de 4000 modificaciones epigenéticas –cambios en las regiones reguladoras del ADN– implicadas en la enfermedad de Alzheimer. Ellas nos permiten comprender mejor esa patología.

Un equipo de biólogos dirigido por Jonathan Mill, de la Universidad de Exeter, acaba de inventariar más de cuatro mil modificaciones epigenéticas relacionadas con el mal de Alzheimer. Dichas modificaciones no conciernen a los propios genes (cuya secuencia de nucleótidos no cambia) sino al conjunto de factores externos que modulan su expresión.

Para identificarlos, los investigadores compararon ADN obtenido *post mortem* del cerebro de 24 pacientes de Alzheimer con el de 23 personas fallecidas libres de esa enfermedad. Jérémie Poschmann, investigador de epigenética de la Universidad de Nantes y parte del equipo, explica: 'Empleando secuenciadores de alto rendimiento, localizamos regiones reguladoras de la expresión del ADN, es decir, los sitios donde se encuentran las proteínas conocidas como factores de transcripción, que prenden o apagan los genes'.

En la práctica, los científicos detectaron las zonas en las que el ADN se enrolla alrededor de unas proteínas llamadas *histonas*. De estas, las que poseen un grupo acetilo son las que cumplen la función reguladora. En ellas el ADN se encuentra en una configuración que lleva al gen a expresarse. Comparando la tasa de acetilación de histonas, los biólogos identificaron 4162 regiones reguladoras que se activan en forma diferente en el grupo con Alzheimer que en el grupo sin esa enfermedad.

Un hecho interesante es que varias de estas regiones eran ya conocidas por los genetistas, por estar asociadas con los genes que regulan el progreso de las placas amiloideas y la degeneración de la proteína tau, dos lesiones cerebrales presentes en las personas afectadas por la enfermedad de Alzheimer.

Aunque es difícil discernir si estas diferencias epigenéticas son la causa o la consecuencia de la patología, su descubrimiento es un argumento suplementario que indica que el ambiente, además de la herencia, desempeña ciertamente un papel importante. 'Cuantificar la acetilación de las histonas puede señalar nuevas direcciones a la investigación médica e identificar nuevos blancos terapéuticos no genéticos', apunta Poschmann. 'Y no solamente para la enfermedad de Alzheimer. Hemos empleado este método para el autismo y lo estamos adaptando al estudio de enfermedades inflamatorias e inmunitarias como la esclerosis de placas.' CH

Gautier Cariou

Más información en MARZI SJ *et al.*, 2018, 'A histone acetylome-wide association study of Alzheimer's disease identifies disease-associated H3K27ac differences in the entorhinal cortex', *Nature Neuroscience*, 21: 1616-1627, y en SUN W, 2016, 'Histone acetylome-wide association study of autism spectrum disorder', *Cell*, 167, 5: 1385-1397. Sobre epigenética: ALLÓ M, 2011, 'Epigenética: más allá de los genomas', CIENCIA HOY, 21, 123: 9-15.

Cuán grande es nuestro pecado

En 1941, los estadounidenses George Beadle (1903-1989) y Edward Tatum (1909-1975), quienes en 1958 recibirían el premio Nobel de medicina, publicaron un estudio sobre cómo los genes son responsables de la producción o *síntesis* de las enzimas que controlan los procesos metabólicos de los seres vivos. El artículo –aparecido en el órgano de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos– inspiró el aforismo 'un gen, una enzima', que con el tiempo se extendió a 'un gen, una proteína', es decir, la idea de que existe una relación biunívoca entre genes y enzimas o proteínas.

A partir de allí, probablemente como una necesidad de nuestra mente de simplificar la realidad para poder comprenderla, dicha máxima se transformó en 'un gen, una característica'. Es cierto que existen caracteres biológicos discretos que parecen estar determinados por un único gen (o *caracteres monogénicos*), como aquellos elegidos por el monje Gregor Mendel (1822-1884) para sus conocidos experimentos con alverjillas, que le permitieron postular las leyes básicas de la genética.

Sin embargo, esto es una simplificación, pues la enorme mayoría de los caracteres, especialmente los más complejos, están determinados por múltiples genes interactuando entre ellos y con el ambiente (son *caracteres poligénicos*). Si bien la simplificación indicada resulta útil como hipótesis de trabajo, puede ser muy perniciosa. Así, no es raro leer, aun en medios serios, sobre genes que controlan facetas de la personalidad o comportamientos humanos complejos como la homosexualidad, la agresividad o la inteligencia. Si determinadas características que conducen a la pobreza, la violencia u otros males sociales estuvieran rígida y biológicamente determinadas por uno o unos pocos genes, habría que concluir que sería inútil intentar mejorar las condiciones de vida de las personas que los poseen, por ejemplo, por medio de la educación.

En un ejemplo de atribución de un carácter complejo a un único gen, los autores de un artículo publicado en 2002 en la revista *Nature* concluyeron que la evolución del lenguaje humano dependió de mutaciones en un gen denominado FOXP2, ya que dichas mutaciones no se encontraban en ningún otro primate y la nueva forma del gen había sido seleccionado positivamente en los humanos modernos. En otras palabra, se había difundido en la población por acción de la selección natural gracias a que otorgaba una importante ventaja adaptativa. El caso fue descripto en libros de texto ampliamente citado en la literatura científica. Este estudio se basó en los genomas de solo veinte individuos y nunca fue repetido.

Recientemente otro grupo de investigación informó en un artículo publicado en el número 174 de la revista *Cell* que había reexaminado la historia evolutiva del gen FOXP2 teniendo en cuenta un mayor número de genomas ahora disponibles de una población más numerosa y diversa. De esta manera determinó que la evidencia reportada mostrando que el gen había sido seleccionado positivamente en los humanos modernos había sido una conclusión estadística errónea debido principalmente al bajo número de genomas utilizados. Para el genetista británico Simon Fisher, director del Instituto Max Planck para Psicolingüística, de Nijmegen (Holanda), 'el lenguaje es complicado y nunca se lo explicará en los humanos modernos por la mutación en un solo gen. Necesitamos tener explicaciones más complejas que abarquen múltiples genes. El gen FOXP2 será una pieza de un complicado rompecabezas'.

Pero los organismos siempre son más intrincados de lo que pensamos. Investigadores de la Universidad Stanford acaban de postular un *modelo omnigénico*, una hipótesis según la cual los genes no funcionan aisladamente, sino que están interconectados en forma de intrincadas redes. Esto significa que cambios en cualquier gen podrían afectar a la red entera e influir sobre los genes que controlan cada rasgo particular. En otras palabras, cada gen podría influir, en mayor o menor medida, en casi todas las características del organismo.

Debemos, en consecuencia, ser más conscientes de lo mucho que nos falta por conocer y cuidadosos al referirnos al gen que codifica tal o cual característica particular, porque, como escribió Darwin en 1836, en *El viaje del Beagle*, 'si la miseria de nuestros pobres no es causada por las leyes de la naturaleza, sino por nuestras instituciones, cuán grande es nuestro pecado'. CH

Alejandro Curino
acurino@criba.edu.ar

Más información en ENARD W *et al.*, 2002, 'Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language', *Nature*, 418: 869-872. DOI: *10.1038/nature01025*; ATKINSON EG *et al.*, 2018, 'No evidence for recent selection at FOXP2 among diverse human populations', *Cell*, 174: 1424-1435. DOI: *10.1016/j.cell.2018.06.048*, y BOYLE EA *et al.*, 2017, 'An expanded view of complex traits: From polygenic to omnigenic', *Cell*, 169: 1177-1186. DOI: *10.1016/j.cell.2017.05.038*.

Nota traducida y adaptada de La Recherche, *542, diciembre de 2018*

Un antivirus que viene de la prehistoria

El hombre de Neandertal contagió al *Homo sapiens* enfermedades virales pero, con el mestizaje, al mismo tiempo le traspasó los genes para combatirla.

Cuando el hombre moderno salió de África, entró en contacto con el hombre de Neandertal, que ya vivía en Asia (especialmente en el Medio Oriente) y en Europa. Se sabe que estos encuentros dieron lugar a uniones fértiles por lo menos durante dos episodios, hace respectivamente 100.000 y 50.000 años. David Enard, de la Universidad de Arizona, y Dimitri A Petrov, de Stanford, han planteado la hipótesis de que ello ocasionó un intercambio de patógenos. Han desarrollado un método para identificar las trazas que las infecciones virales dejaron en nuestro genoma.

Es un método necesariamente indirecto: si bien se sabe secuenciar un ADN de hace varias decenas de miles de años, se ignora cómo identificar en los fósiles el genoma de ARN de los virus que eventualmente infectaron a los individuos. Esas pequeñas fracciones de ARN, que se degradan rápido, están inmersas en el genoma de numerosos parásitos que proliferaron en el fósil.

Por otra parte, un virus deja trazas en el genoma infectado. Hospedador y patógeno coevolucionaron de forma tal que el primero habría podido torcer en su provecho las herramientas celulares del segundo sin provocar la muerte de este. Esas secuencias genéticas implicadas en la interacción con virus son comunes y están inventariadas en bases dispersas de datos. El equipo de trabajo de los mencionados investigadores identificó en la literatura unas 4500 de dichas secuencias para constituir una biblioteca de consulta.

Interpretación del aspecto que pudo haber tenido un *Homo neanderthalensis* (para algunos, *Homo sapiens neanderthalensis*).

Dos por ciento de nuestro genoma

Luego este repertorio de secuencias se cruzó con el de las secuencias genéticas heredadas de Neandertal, que representan hoy el 2% de nuestro genoma pero contienen una proporción importante de genes de interacción viral. Lo último es signo de que estos resultaron sin duda provechosos.

Sea por contacto directo con el hombre de Neandertal, sea porque penetraba en su ambiente, el hombre moderno habría estado expuesto a patógenos que para los Neandertales eran familiares. 'Gracias a los genes heredados de los Neandertales en los episodios de interfecundidad, el *Homo sapiens* se adaptó rápidamente a nuevas enfermedades', explica Enard. 'Pero esas secuencias genéticas solo constituyeron una protección de corta duración, ya que la relación entre un virus y su hospedador es una carrera sin fin. Cuando los virus mutaron, o el hombre moderno se encontró confrontado con otros ambientes, debió adaptarse solo.' Gracias al repertorio constituido por los genes de interacción viral, se puede identificar las enfermedades que debió sufrir luego. Una herramienta que podría ser valiosa para el estudio de epidemias en la época prehistórica. CH

Anne Debroise

Más información en ENARD D & PETROV DA, 2018, 'Evidence that RNA viruses drove adaptive introgression between Neanderthals and modern humans', *Cell*, 175: 360-371.

Una marea de desperdicios plásticos

En solo un año, el mundo produce 275 millones de toneladas de desechos de plástico, 100 millones de ellas en regiones costeras. Con el tiempo, gran parte de esos desperdicios, que no fueron incinerados ni reciclados, se acumula y contamina las tierras y los océanos. La situación es insostenible, tanto local cuanto globalmente.

Producción anual de desechos en una franja costera de 50km

(datos de 2010)

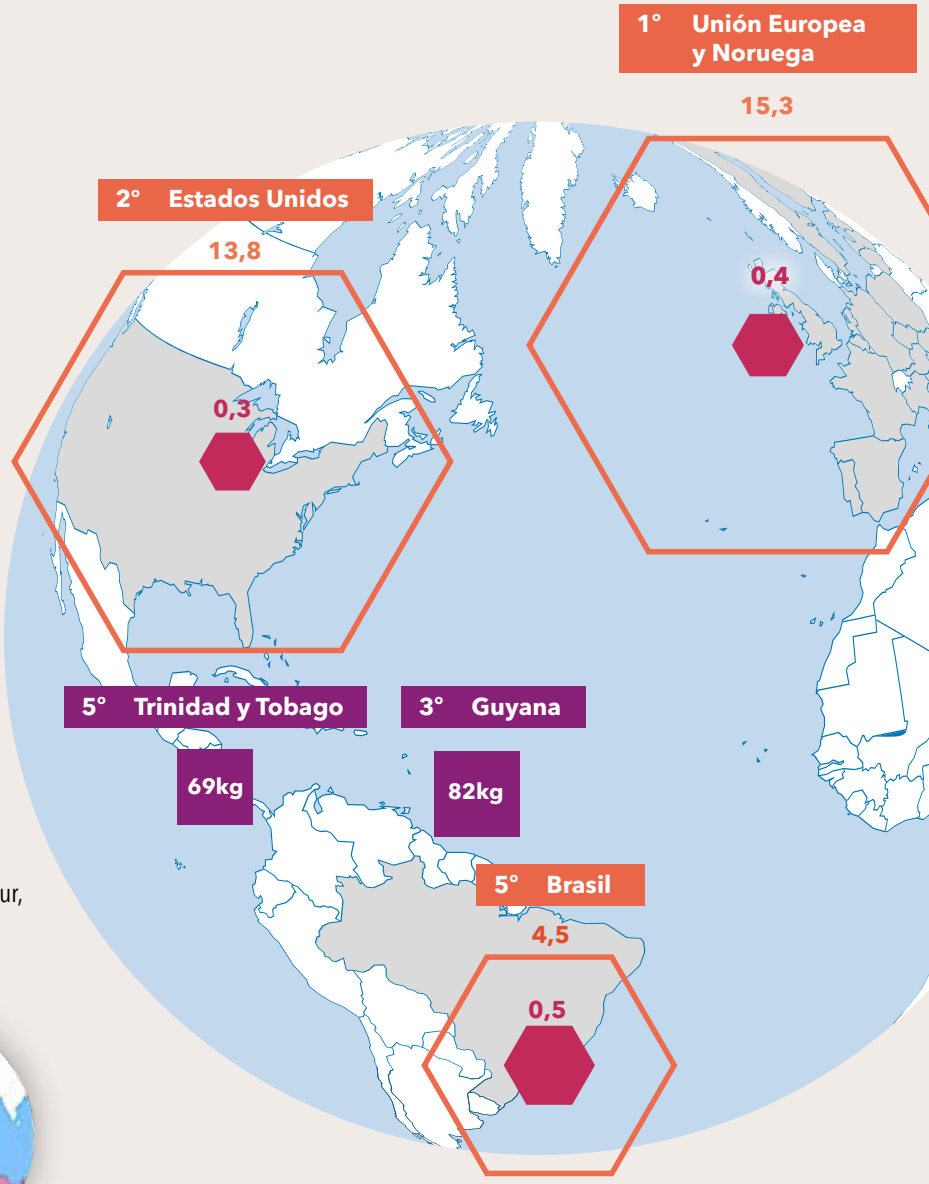
Desechos plásticos
por país, en millones de toneladas

Desechos plásticos sin tratar
por habitante, en kilogramos

Los cinco países que generan la mayor cantidad de:

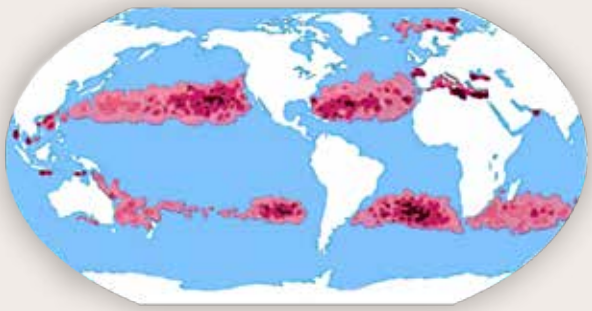
- Desechos plásticos
- Desechos plásticos sin tratar
- Desechos plásticos sin tratar por habitante

Atendiendo a las cifras totales por país, los cinco primeros son responsables del 50% de la producción mundial de desechos plásticos.



En pleno mar

Una parte de los desperdicios plásticos sin tratar llega a los océanos y se acumula en ciertas zonas del Atlántico Norte y Sur, del Pacífico Norte y Sur, del Índico y del Mediterráneo (en proporción muy contaminado).



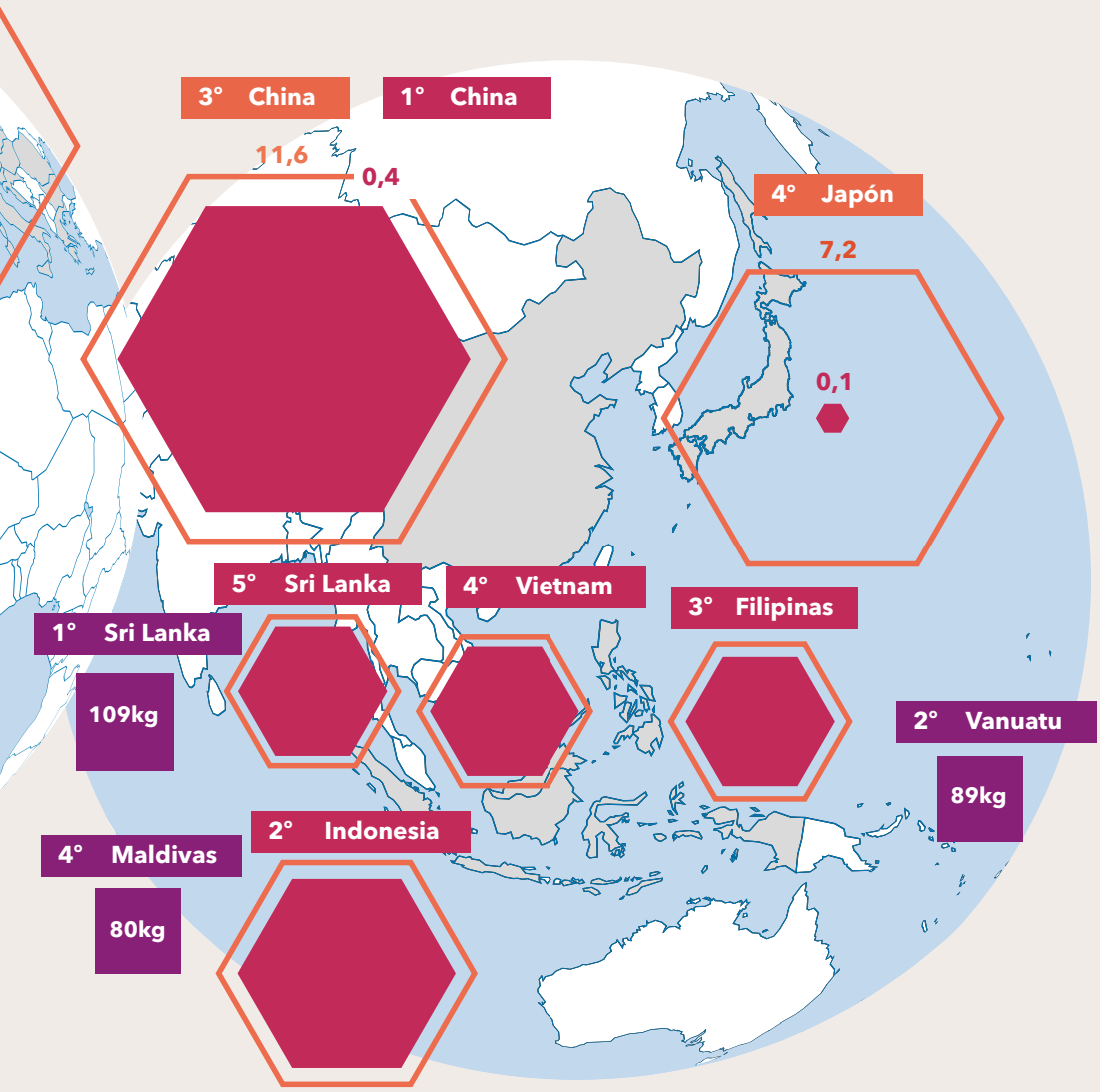
Mapa según Van Sebille *et al.*, 2015.

Mundo

100 millones de toneladas anuales de desperdicios plásticos generados en zonas costeras

32 millones de toneladas anuales de desperdicios plásticos *sin tratar* en zonas costeras

8 millones de toneladas anuales de desperdicios plásticos sin tratar *llegan al mar* (estimando que lo hace el 25% de las anteriores)



Adaptado de *La Recherche*, 536: 24-25, junio de 2018.

Más información en JAMBECK JR *et al.*, 2015, 'Plastic waste inputs from land into the ocean', *Science*, 347, 6263: 768-771; KERSHAW P *et al.*, 2016, *Marine Plastic Debris & Microplastics: Global lessons and research to inspire action and guide policy change*, United Nations Environment Programme, Nairobi, accesible en *http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7720*; VAN SEBILLE E *et al.*, 2015, 'A global inventory of small floating plastic debris', *Environmental Research Letters*, 10, 124006, accesible en *https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/12/124006/pdf*.

Foto Danita Delimont, Getty Images-Gallo Images.

Ernesto J Calvo
Instituto de Química Física de los Materiales, Medioambiente y Energía (INQUIMAE), UBA-Conicet

Litio, un recurso estratégico para el mundo actual

El elemento litio (Li), descubierto en 1817 por el sueco Johan Arfvedson (1792-1841), es el metal más liviano y reactivo que se conoce. No se encuentra en la naturaleza en estado metálico puro sino en forma de compuestos, aunque puede llevarse por procesamiento a ese estado, en el que conforma solo una pequeña parte del mercado actual del elemento. La fabricación de cátodos de baterías, que genera una porción sustancial de la demanda presente de litio, lo requiere en forma de productos químicos inorgánicos (carbonatos e hidróxidos). Por eso, la mayoría del litio nunca pasa por el estado metálico en su viaje del suelo a una batería.

El litio se extrae actualmente de dos fuentes principales: salmueras y rocas duras. Las primeras son aguas con altas concentraciones de sales inorgánicas, en este caso cloruros; las segundas son aquellas que contienen espodumeno, un mineral con litio, silicio y aluminio. Más del 70% de las reservas mundiales de litio se encuentran en salares altoandinos del noroeste de la Argentina, sudoeste de Bolivia y norte de Chile. En los principales del territorio argentino –Hombre Muerto en Catamarca, Olaroz y Cauchari en Jujuy y Rincón en Salta– yacen importantes reservas mundiales de litio en forma de salmueras. Vale la pena, entonces, analizar los aspectos científicos, tecnológicos y geopolíticos de la explotación del litio con el fin de definir las políticas más convenientes para la población argentina.

El litio y el mercado mundial

La empresa japonesa Sony fue la primera en comercializar baterías recargables de ion-litio, un tipo de batería que data de 1991 en la que iones de litio se desplazan del electrodo negativo (ánodo) al positivo (cátodo) cuando se descarga y en sentido contrario durante la carga. Sony puso esas baterías en el mercado en 1991 y desde entonces su uso no ha cesado de crecer. El ubi-

¿DE QUÉ SE TRATA?

El desafío técnico, político y económico de manejar un recurso natural que se ha llegado a comparar con el petróleo y el gas natural para almacenar energía.

cuo hábito actual de utilizar teléfonos celulares, tabletas y computadoras portátiles no existiría sin dichas baterías. En 2012 solo el 7% del litio comercial se destinaba a baterías, pero para 2016 esa proporción se había elevado al 50% y generaba en total una energía de 87 gigavatios-hora (1GWh es la energía empleada en una hora por un millón de hogares de clase media). Para 2026 se estima que esa demanda se incrementará más de diez veces, a unos 1000GWh, sobre todo por la multiplicación de vehículos eléctricos. Como solo en Sudamérica unos treinta millones de personas carecen actualmente de acceso a la red eléctrica, se anticipa que allí habría una demanda adicional cercana a los 7,5GWh para almacenaje de energía por electrificación de zonas remotas a partir de fuentes renovables intermitentes, como el sol y el viento.

Así como las baterías de litio permitieron generar una revolución en las comunicaciones por habilitación de los medios portátiles, se piensa que producirían otra en la movilidad por hacer lo mismo con los vehículos eléctricos. El automóvil Tesla S, por ejemplo, vendido por el empresario Elon Musk, lleva 6kg de litio en 7104 baterías tipo 18650, mientras que la única de un teléfono celular tiene unos 350mg de litio. Es decir, para ese automóvil eléctrico hace falta el litio de más de 17.000 celulares, una ilustración elocuente del salto esperado en la demanda de litio.

Por otro lado, el litio se emplea en farmacología, por ejemplo, para drogas psiquiátricas, en la industria aeroespacial en aleación con aluminio y magnesio, y en la nuclear en forma de su isótopo ^{6}Li. El hidróxido de litio se emplea en grasas lubricantes, como absorbente de CO_2 en submarinos y naves espaciales, y para la fabricación de cerámicos y vidrio.

El triángulo del litio, en el que se encuentra más del 70% de las reservas mundiales del elemento.

Métodos de extracción

El litio reacciona vigorosamente con el oxígeno y el nitrógeno atmosféricos para dar respectivamente óxido y nitruro de litio; con dióxido de carbono forma carbonato de litio, y con agua, hidróxido de litio e hidrógeno. Se lo encuentra como cloruro en salmueras, agua de mar, aguas termales y géiseres, y en rocas como espodumeno. Se lo extrae de las primeras por lenta evaporación del agua y recristalización fraccionada de sales de sodio, potasio y magnesio. De las rocas se lo obtiene por procedimientos de minería convencional, como molienda, lixiviación y tratamiento químico. Ambas extracciones tienen consecuencias ambientales.

Los salares se forman en cuencas continentales que no drenan al mar. Son el receptáculo de sales que provienen de actividad volcánica y se acumularon como sedimentos insolubles. El núcleo cristalino de estos, impregnado de salmuera intersticial, contiene gran cantidad de sales de litio, sodio, potasio, magnesio y otros elementos. Bajo la radiación solar, la evaporación de las salmueras conduce a la recristalización fraccionada de diferentes sales de metales alcalinos.

Para extraer el litio, se succiona por bombeo la salmuera que está por debajo de la capa de sal de un salar y se hace evaporar lentamente el agua en extensas piletas o 'pozas' de varias hectáreas y unos 30cm de profundidad, con el fondo recubierto por una lámina plástica, excavadas próximas al salar. La superficie de evaporación es siempre muy extensa: en los salares chilenos de Atacama, las pozas cubren el equivalente a 3000 estadios de fútbol. La velocidad de evaporación varía ente 1,5 y 6 litros por m^2 y por día, y depende de la composición química de la salmuera y de las condiciones meteorológicas, pero por lo general requiere más de un año. Por cada tonelada de carbonato de litio que se obtiene se evaporan por lo menos 1,5 millones de litros de agua. La foto aérea de la página 21 revela pozas en diferentes etapas de la evaporación, de variados colores debido a las sales coloidales. Como puede haber en promedio un gramo de litio por litro de salmuera, obtener una tonelada del elemento requiere la evaporación de un millón de litros de agua, una cantidad significativa en zonas áridas como el altiplano.

Para enriquecer la salmuera en litio se debe eliminar el calcio, el magnesio, el boro y las trazas de otros metales alcalinos. Una vez que por la evaporación se llega a

Paisaje del salar del Hombre Muerto en la puna catamarqueña.

una concentración del 6% de cloruro de litio en la salmuera, se la bombea a una planta industrial en la que se precipita el magnesio con cal o soda Solvay y se elimina el boro con solventes, los que deben recuperarse por destilación. Luego se precipita el carbonato de litio impuro agregando carbonato de sodio en caliente y se purifica para llegar al 'grado batería' (99,6%). Por electrodiálisis de la solución concentrada de cloruro de litio se puede obtener hidróxido de litio hidratado de alta pureza. En el proceso descripto se forman lodos de sales insolubles de magnesio y calcio, que son contaminantes del ambiente.

Existen otros procedimientos para obtener litio, algunos en estado experimental, otros con alto costo ambiental y otros económicamente inviables en estos momentos. También los hay patentados por empresas. La firma minera estadounidense FMC, que opera en Hombre Muerto como Minera del Altiplano SA y exporta carbonato y cloruro de litio, desarrolló un método basado en intercambio iónico para fabricar litio metálico en una atmósfera de argón a unos 400°C, pero no lo aplica en la Argentina.

Para recuperar litio de salmueras con menos de 1% de concentración y altas concentraciones de iones alcalinos y alcalinos térreos, la empresa siderúrgica surcoreana Posco ha patentado un proceso rápido de precipitación directa de fosfato de litio tratando las salmueras con ácido fosfórico. Si bien no se requiere prolongada evaporación, las salmueras naturales contienen magnesio y calcio, por lo que en la práctica se forman lodos contaminantes de fosfatos de magnesio y calcio en grandes cantidades, que afectan el ambiente. El proceso fue rechazado en Bolivia y en la provincia de Jujuy, pero recientemente se anunció el inicio de su aplicación en Salta.

Alternativamente, se ha propuesto la extracción de litio con solventes orgánicos, pero la energía requerida para recuperar el solvente y el costo de este, así como el posible daño ambiental, lo hacen inviable para una explotación de gran escala.

Un método alternativo de extracción

Los métodos electroquímicos facilitan la extracción de litio de salmueras en forma sostenible, con bajo daño ambiental, sin pérdida de agua ni generación de residuos quí-

Excavación para instalar una la pileta de evaporación de salmuera o 'poza', de 30cm de profundidad y varias hectáreas de superficie.

Una poza instalada en las cercanías del salar de Cauchari, en Jujuy, que explota la firma Exar SA. Adviértase la lámina de plástico que cubre su fondo. Foto Cámara Minera de Jujuy-Inter Press Service.

micos y con bajo costo energético. Nuestro grupo de investigación en el INQUIMAE ha desarrollado un método electroquímico de extracción de litio de salmueras naturales de la puna que tiene esas características y fue patentado por el Conicet. La prueba piloto fue exitosa y actualmente se trabaja en la ingeniería que lleve a aplicarlo en una escala industrial. Se caracteriza por hacer circular la salmuera por un reactor electroquímico cuyo cátodo está hecho de óxido de litio y manganeso del tipo de una batería.

El proceso requiere poca energía, que se puede obtener de paneles solares, pues en la puna la radiación solar proporciona más de 2600kWh/m^2 durante todo el año. La inversión de capital en paneles solares con vida útil de treinta años asciende a 10 dólares por tonelada de cloruro de litio extraída. Nuestra propuesta de combinar radiación solar para producir electricidad con un método electroquímico para la extracción sostenible y selectiva de litio recibió el primer premio del concurso internacional Bright Minds Challenge, organizado por la multinacional holandesa Koninklijke DSM en 2017, en el que compitieron 55 proyectos de veintidós países.

Explotación del litio

En la Argentina, además de la mencionada empresa FMC, que llegó al país en oportunidad de la privatización de Fabricaciones Militares en la década de 1990 y opera Hombre Muerto, actúa una subsidiaria de la australiana Orocobre, Sales de Jujuy SA, que explota Olaroz con la participación de Jujuy Energía y Minería SE (JEMSE) y la comercializadora nipona Toyota Tsusho Corporation. En Cauchari opera la firma Minera Exar SA, que pertenece a la canadiense Lithium Americas Corp y fue adquirida recientemente en partes iguales por la empresa china Tianquia y la Sociedad Química y Minera de Chile (SQM). Por su lado, la estadounidense Albemarle Corporation esta haciendo prospección en el salar de Antofalla y otras empresas están buscando cómo incorporarse al mercado argentino del litio, entre ellas, Enirgi (Canadá), Galaxy Resources Ltd (Australia), LSC Lithium X Energy Corporation (Canadá) –hace poco adquirida por Pluspetrol SA– y Eramet SA (Francia). La Constitución Nacional (1994) establece que los recursos mineros son de los estados provinciales. Su explotación por concesión aporta regalías a las provincias e impuestos de exportación a la Nación, pero estos ingresos se consideran desproporcionadamente bajos con relación a los precios de los minerales.

En Chile el litio fue declarado estratégico y no concesible, con cupos de extracción regulados por una entidad estatal, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). SQM tiene una capacidad instalada de 58.000 toneladas de carbonato y 8000 toneladas de hidróxido de litio por año, mientras que Albemarle pro-

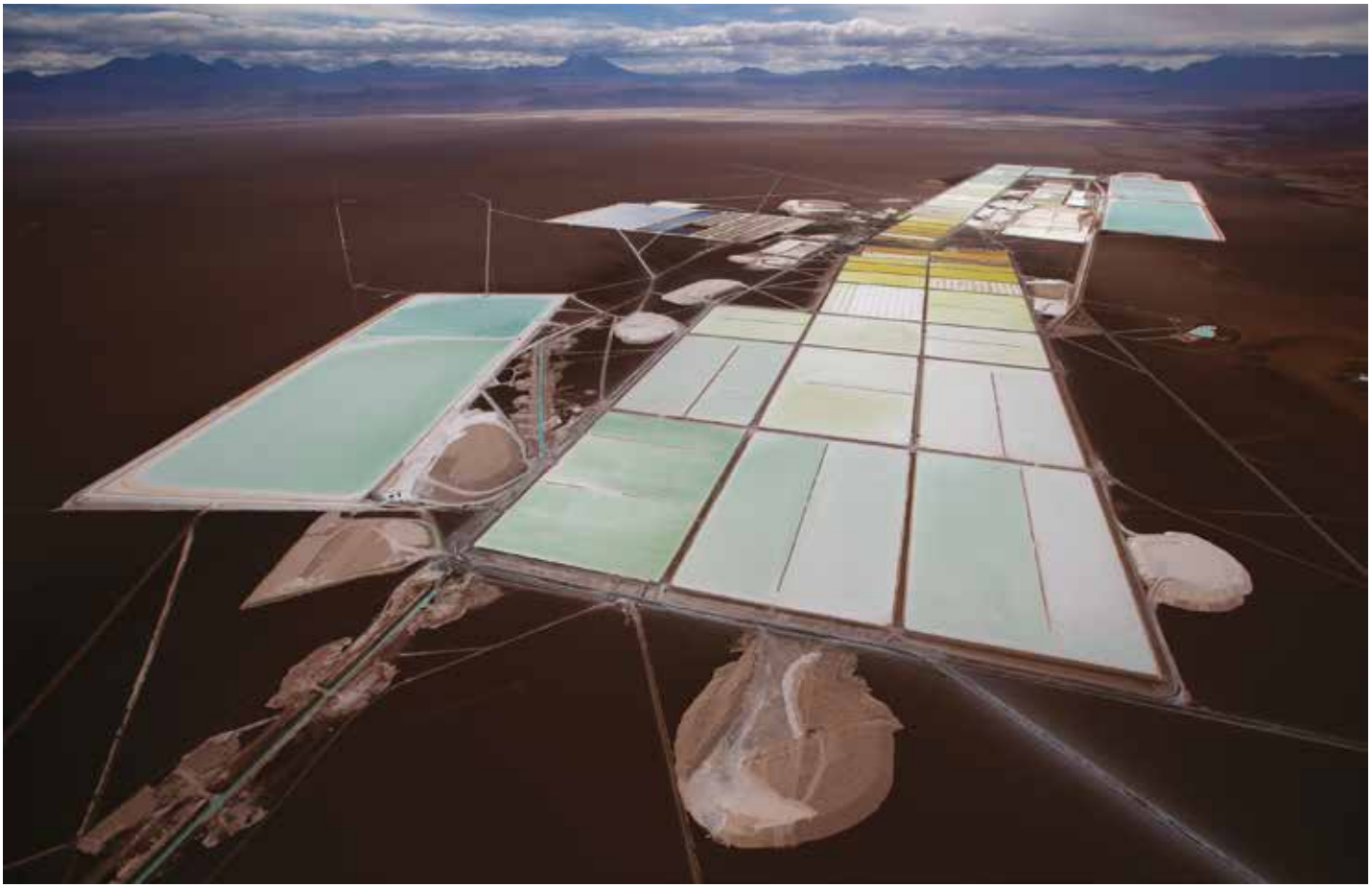
duce en Chile 48.000 toneladas anuales de carbonato de litio, sobre las que el gobierno chileno recauda una regalía del 40% del exceso de su precio por encima de los 10.000 dólares por tonelada, más un aporte anual de 25 millones de dólares para un centro de energías renovables en Antofagasta. Contrasta esto con la magra financiación que recibe el Centro de Investigación y Desarrollo en Materiales Avanzados y Almacenamiento de Energía de Jujuy, dedicado a la búsqueda y el desarrollo de nuevas tecnologías para la extracción de litio de los salares de altura de la puna.

La Constitución del Estado Plurinacional de Bolivia estipula que los recursos minerales pertenecen al pueblo boliviano y que el Estado encara su extracción. En 2017, este constituyó la empresa Yacimientos Bolivianos de Litio (YBL). En 2015 había levantado una planta piloto de carbonato de litio en el salar de Uyuni y otra de materiales de cátodos y baterías en La Palca, Potosí. Tiene en construcción una planta industrial de carbonato de litio grado batería para producir de 4000 a 5000 toneladas anuales, con un objetivo de 15.000 toneladas. También ha creado una empresa mixta con capitales alemanes para aportar tecnología y mercados al litio boliviano.

Las empresas consultoras Roskill y Accenture pronostican que en los próximos años crecerá más la extracción de litio de roca que de salmueras. Poner en régimen la explotación de un salar lleva por lo menos siete años, desde la exploración hasta la producción industrial. La química de cada salar es diferente y determina el método de extracción. La extracción de grandes volúmenes de salmuera puede tener consecuencias hidrogeológicas negativas, que las comunidades circundantes ya advierten.

La Argentina en el mercado global del litio

En 1964 Luciano Catalano, subsecretario de Minería en el gobierno del presidente Arturo Illia, describió en detalle la distribución de litio en el territorio argentino en el libro *Boro, berilio y litio, una nueva fuente de energía*. En particular, describió los salares del Hombre Muerto, Cauchari, Olaroz, Rincón y Centenario. También se refirió a reservas de espodumeno en Córdoba. Apuntó que el litio



Vista aérea de pozas en el salar de Atacama, en Chile. Las diferencias de color corresponden a distintos avances en el proceso de evaporación de las salmueras. Foto Reuters-Iván Alvarado

había adquirido 'el carácter de material crítico extraordinario en la defensa nacional, lo que obliga a una sana y obligada actuación estatal para su cuidado y reserva'.

La capacidad instalada argentina alcanzó unas 35.000 toneladas anuales de carbonato de litio equivalente en 2018, obtenidas a partir de la evaporación de salmueras y exportadas sin procesamiento adicional, gran parte por el paso de Jama, en Jujuy. El valor agregado de esas exportaciones aumentaría si se apuntase a exportar carbonato y cloruro grado batería, materiales de cátodo, sales especiales para baterías, etcétera. Chile ya ha radicado empresas asiáticas para la fabricación local de materiales de cátodos de baterías, y Bolivia ha formado una empresa mixta con la alemana ACI Systems GmbH para dar valor agregado al litio que se extrae del salar de Uyuni. Por cada 100 dólares de litio que exporta la Argentina, quedan unos pocos centavos de dólar como regalías para la provincia de origen, y para el Estado Nacional, los impuestos que gravan las exportaciones. Además, están los efectos económicos de la inversión inicial y de la operación minera a lo largo de la vida del yacimiento, complejos de calcular porque se diseminan por la trama de empleos y abastecimientos que forma la estructura de la economía. El país, sin embargo, bien podría imitar a sus vecinos Chile y Bolivia y agregar valor a un producto natural que se ha vuelto estratégico en el mundo presente. Para empezar, hace falta la voluntad política de llevarlo a cabo.

Carbonato de litio embolsado para exportación en Bolivia. Foto Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos

Unas posibilidades adicionales

La Argentina tiene una tradición científica y un sistema de investigación que se destacan en el ámbito iberoamericano, tanto para hacer ciencia académica como orientada a aplicaciones. Ello permitiría poner en marcha una industria química de litio (en la jerga, industria aguas abajo o *downstream*). Además de materiales para baterías, podría encararse, por ejemplo, la fabricación de compuestos farmacéuticos y de isótopos para la industria nuclear. No sería imposible multiplicar entre 10 y 100 veces el valor de las exportaciones de litio, y con ello generar puestos más calificados de trabajo. La cadena de valor del litio, que se inicia en la minería, se incrementa considerablemente en las industrias química, farmacéutica, aeroespacial, del vidrio y los cerámicos, de lubricantes y refrigerantes.

El sol y el litio de la puna podrían combinarse para fabricar amoníaco destinado a fertilizantes agrícolas. La producción mundial de amoníaco crece al ritmo de la población mundial y emplea el 1% de la energía producida en el planeta. El litio, por su lado, es el único metal que se combina con el

Instalaciones industriales de la firma Minera del Altiplano SA en Hombre Muerto. En este tipo de instalaciones se procesa la salmuera cuando alcanza suficiente concentración. La que muestra la imagen produce carbonato y cloruro de litio. Foto American Museum of Natural History-Felicity Arengo

Las baterías de ion-litio también se han comenzado a usar tanto en pequeña como en gran escala para almacenar energía de fuentes renovables intermitentes, por ejemplo, el sol o el viento. Vista parcial de una planta en Mira Loma, California. Fue construida por el empresario Elon Musk, quien buscaba bajar el costo del kWh proporcionado por las baterías. El nombrado también montó en 2018 la mayor instalación del mundo del mundo de este tipo, con la capacidad de almacenar 129MWh de energía eléctrica, en las cercanías del parque eólico Hornsdale, en Jamestown, Australia del Sud.

nitrógeno atmosférico a presión y temperatura ambientes, en contraste con el acostumbrado método industrial actual de obtención de amoníaco, llamado proceso Haber-Bosch, que requiere presión y temperatura altas, además de demandar hidrógeno que obtiene de hidrocarburos fósiles (con la consiguiente liberación de CO_2 a la atmósfera). El fisicoquímico danés Jens Nørskov, de la Universidad Técnica de Dinamarca y de Stanford, ha propuesto producir amoníaco empezando por obtener litio metálico a partir de hidróxido de litio, lo cual conduce a la formación de nitruro de litio por reacción con nitrógeno gaseoso y reacción de este con agua para llegar al amoníaco. El litio actúa simplemente como catalizador, y el proceso no emite dióxido de carbono a la atmósfera.

En una nación agroexportadora y consumidora de fertilizantes, vale la pena considerar alternativas técnica y económicamente viables de producir amoníaco localmente. Lo mismo con el hidróxido de litio, que se usa como insumo para cátodos de baterías de ion-litio con níquel-manganeso-cobalto (NMC) y no se fabrica en el país. La Argentina tiene un territorio abundantemente dotado de un recurso con cuantiosa y creciente demanda. De las generaciones presentes depende lo que haga con él. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BARAN E (ed.), 2017, *Litio, un recurso natural estratégico: desde los depósitos minerales a las aplicaciones tecnológicas*, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Buenos Aires.

FORNILLO B (ed.), 2015, *Geopolítica del litio: industria, ciencia y energía en la Argentina*, CLACSO, Buenos Aires.

NACIF F y LACABANA M (eds.), 2015, *ABC del litio sudamericano: soberanía, ambiente, tecnología e industria*, Centro Cultural de Cooperación-Universidad Nacional de Quilmes.

Ernesto J Calvo

Doctor en ciencias químicas, UNLP.
Investigador superior del Conicet.
Profesor titular, FCEN, UBA.
Director del INQUIMAE, UBA-Conicet.
ernestojulio.calvo@gmail.com

Carlos Gervasoni
Universidad Torcuato Di Tella

Democracia y autoritarismo en las provincias argentinas

El argentino medianamente informado sabe que en algunas provincias siempre gobierna el Partido Justicialista (PJ). No es raro que los medios hablen de ellas como feudos. Vienen a la mente dirigentes peronistas como Vicente Saadi (Catamarca), Adolfo y Alberto Rodríguez Saá (San Luis), Carlos Juárez (Santiago del Estero) o Gildo Insfrán (Formosa). Estrictamente hablando, hay seis provincias en las que el mismo partido ganó todas las elecciones para gobernador que tuvieron lugar desde 1983: En Formosa, La Pampa, La Rioja, San Luis y Santa Cruz fue el PJ; en Neuquén, el Movimiento Popular Neuquino. En dos provincias más, Catamarca y Santiago del Estero, que en la década de 1980 parecían seguir la misma trayectoria, hubo intervenciones federales que interrumpieron el dominio del PJ.

¿Son democráticas esas provincias? ¿Es normal que en una democracia el oficialismo nunca pierda elecciones? ¿Por qué en algunas provincias ocurre este predominio político mientras que en otras existe alternancia en el poder?

Recientemente hemos dado a conocer las conclusiones de un largo trabajo de investigación sobre estos temas en un libro publicado por Cambridge University Press incluido entre las lecturas sugeridas al final de esta nota. Esa obra y muchas en las que ella se basa contestan los tres interrogantes del párrafo anterior, tanto para la Argentina como para otros países federales. Al primero, la respuesta es no: muchas provincias no son realmente democráticas porque, aunque formalmente tienen instituciones republicanas, en los hechos exhiben una concentración de poder en quien gobierna de tal magnitud que hace frecuentes las prácticas autoritarias. Pero tampoco son enteramente dictatoriales, porque hay elecciones con voto universal, existen partidos opositores que disputan el poder y se respetan algunas libertades políticas.

La respuesta a la segunda pregunta es que no resulta normal que el oficialismo nunca pierda elecciones en una democracia. Aunque se han constatado en el mundo unos pocos casos en los que un partido mantuvo el poder por muchas décadas en contextos auténticamente

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Se puede llamar democráticas a provincias como San Luis, Catamarca, Formosa o Santa Cruz?

democráticos (por ejemplo, los partidos Socialdemócrata sueco, Liberal Demócrata japonés y Colorado uruguayo), en la mayoría de las democracias la alternancia electoral en el poder ocurre con frecuencia. En la Argentina la hubo en 1989, en 1999 y en 2015.

En cuanto a la tercera pregunta, el motivo principal de que haya provincias democráticas y otras que resultan combinaciones de instituciones democráticas y prácticas autoritarias no es, como podría pensarse, el subdesarrollo económico: nótese que algunas provincias argentinas consideradas pobres no son 'feudales' –el Chaco–, mientras que entre las menos democráticas están San Luis y Santa Cruz, la primera con niveles de desarrollo superiores al promedio nacional y la segunda con uno de los ingresos per cápita más altos del país. La explicación central reside en el mayor o menor acceso de los gobiernos provinciales a *ingresos fiscales rentísticos*, esto es, que no se originan en impuestos cobrados por la provincia sino en transferencias federales como la coparticipación o en las regalías por recursos naturales. Esos dineros tienden a sostener regímenes que los medios llaman feudales y la ciencia política, híbridos.

Aquí conviene hacer una clarificación conceptual: la pregunta es sobre el tipo de régimen político, es decir, la medida en que las provincias son más o menos democráticas. En las unidades subnacionales argentinas y de otros países hay a menudo personalismo, nepotismo, corrupción y clientelismo. Ninguna de estas prácticas es moralmente deseable, pero ellas están fuera de nuestro objeto de estudio porque ocurren tanto en democracias como en autoritarismos. Hay, por ejemplo, países democráticos que exhiben elevados niveles de corrupción, lo mismo que autoritarismos bastante íntegros.

Entre la democracia y el autoritarismo: provincias híbridas

En nuestro estudio, hemos posicionado a las provincias en un continuo que va desde las democráticas a las híbridas, sin llegar a calificarlas de autoritarias. Ocurre que el autoritarismo en sentido estricto implica un régimen no electoral, o con elecciones no competitivas, y con importantes restricciones a las libertades civiles y políticas. Las provincias menos democráticas no pueden asimilarse a la España franquista, que sufría un *régimen autoritario* según la expresión acuñada por el politólogo español Juan Linz (1926-2013). Tampoco se asemejan a las dictaduras militares latinoamericanas, ni a los sistemas comunistas de partido único. Se trata, en cambio, de *democracias iliberales*, al decir del académico y periodista estadounidense nacido en la India Fareed Zakaria, o de *autoritarismos competitivos* para los investigadores Steven Levitsky, de la Universidad de Harvard, y Lucan A Way, de la de Toronto, o de *autoritarismos electorales* para el politólogo austríaco radicado en México Andreas Schedler.

Las provincias híbridas tienen instituciones formales democráticas combinadas con otras informales autoritarias. Si en un país nacionalmente democrático un gobernador llevara a cabo actos alevosamente autoritarios, como abolir las elecciones, cerrar la Legislatura o encarcelar opositores, desencadenaría una secuencia política que casi seguramente conduciría a la caída de su gobierno, pues los medios y la opinión pública nacionales se indignarían ante ellos y las autoridades federales se verían compelidas a intervenir. En consecuencia, las prácticas autoritarias de las provincias híbridas son típicamente sutiles y furtivas, como alterar las reglas electorales en su favor, comprar el apoyo de los medios de comunicación locales o espiar a periodistas y políticos opositores.

Medición del nivel de democracia en las provincias

¿Cómo puede medirse el grado en que cada provincia es democrática o autoritaria? En nuestro estudio recurrimos a dos formas de hacerlo, una objetiva y la otra subjetiva. La forma objetiva se vale de indicadores institucionales y electorales, y parte de una intuición muy razonable: difícilmente en una democracia real el oficialismo gane siempre las elecciones con grandes mayorías electorales. En los países habitualmente considerados democráticos los ganadores casi nunca superan el 60% del total de votos, y por lo general

obtienen porcentajes muy inferiores. En cambio, donde las elecciones son fraudulentas o sesgadas en favor del oficialismo, no es raro que este logre mantenerse indefinidamente en el poder con cifras superiores (y a veces muy superiores) a dicho 60%. El gobernador formoseño Gildo Insfrán viene ganando reelecciones por más del 70% de los votos desde hace veinte años. En San Luis, Alberto Rodríguez Saá alcanzó el 90% en la elección de 2003.

El sencillo test de la alternancia en el poder, formalizado en un índice objetivo propuesto en 1996 por Michael Álvarez, José Antonio Cheibub, Fernando Limongi y Adam Przeworski, revela que en las seis provincias nombradas al comienzo el mismo partido ha gobernado durante ocho períodos consecutivos, esto es, durante 36 años ininterrumpidos entre 1983 y 2019. Además, en Santiago del Estero la única rotación no fue electoral sino por vía de la intervención federal. Es decir, en casi el 30% de las provincias argentinas el oficialismo nunca perdió elecciones para gobernador a lo largo de un tercio de siglo. En ese mismo lapso, en los Estados Unidos hubo rotación electoral en 49 de los 50 estados. Esto lleva a pensar que en algunas provincias argentinas existen restricciones a la competencia democrática que hacen prácticamente imposible desalojar del poder por vía electoral al partido que ejerce el gobierno.

La medición subjetiva se basa en juicios informados de evaluadores expertos. Se consultan fuentes bibliográficas y analistas locales para evaluar, sobre una escala predefinida, la situación de cierto aspecto de la democracia. Es un procedimiento común en la escala nacional, utilizado para construir índices bien conocidos, como los de la ONG Freedom House y los que integran el proyecto Polity IV.

Durante 2008, con apoyo económico de la National Science Foundation de los Estados Unidos y de la Universidad de Notre Dame de ese país, llevamos adelante una encuesta de este tipo entre expertos en política provincial. Incluyó unas cien preguntas sobre diversos aspectos de los regímenes políticos provinciales durante el lapso 2003-2007, entre ellos la limpieza del proceso electoral, el funcionamiento de la división de poderes, las libertades de expresión y prensa, y la discriminación o represión estatal. Se encuestaron en forma personal 155 académicos y periodistas políticos locales en las veintitrés provincias y en la Capital Federal (de cuatro a doce expertos por distrito).

Entre los resultados se aprecia que la limpieza del acto electoral, que incluye el efectivo derecho universal al sufragio y la ausencia de irregularidades en el escrutinio, obtuvo buenos puntajes en prácticamente todas las provincias. En cambio, la ventaja electoral del oficialismo, evaluada por preguntas sobre las diferencias entre candidatos oficialistas y opositores en materia de fondos de campaña y cobertura por parte de los medios provinciales, recibió un abanico de puntajes, que indican desde competencia equitativa en algunas provincias hasta abrumadora ventaja del oficialismo en otras.

Tomando en cuenta todas las dimensiones evaluadas por la encuesta y varios indicadores objetivos se puede concluir que existen tres tipos de regímenes provinciales. En un extremo, están los distritos básicamente democráticos, entre ellos la ciudad y la provincia de Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Santa Fe y Tierra del Fuego. En el otro extremo aparecen Formosa, La Rioja, San Luis, Santa Cruz y Santiago del Estero, que obtienen puntajes bajos en la mayoría de los indicadores. En cuatro de estas provincias y en Catamarca, los oficialismos han logrado aprobar cláusulas de reelección indefinida del gobernador, inexistente en las demás Constituciones provinciales.

El tercer grupo de provincias ocupa una posición intermedia, o porque obtienen valores que no son ni muy bajos ni muy altos, o porque su desempeño es bueno en algunos indicadores y pobre en otros. Entre otras, forman parte de ese grupo el Chaco, Chubut, Corrientes, Río Negro, Salta y Tucumán. En todas ellas hubo una o más rotaciones electorales desde 1983, pero las evaluaciones de los expertos tienden a colocarlas en una posición democrática mediana o baja.

En perspectiva comparada, las provincias argentinas están en promedio entre las menos democráticas del mundo federal: hay mayores niveles de competencia democrática en Alemania, Australia, Canadá, India, México y los Estados Unidos. También son más democráticos los departamentos del Uruguay, el único país unitario que incluimos en la comparación.

Los comentaristas políticos suelen llamar feudos a las provincias iliberales, y a sus gobernantes, señores feudales.

La explicación: el federalismo fiscal argentino

De los factores que pudieron llevar a la situación descripta, creemos que tiene especial relevancia el extraño federalismo fiscal argentino. Una rama de la literatura sobre democracia y autoritarismo en el nivel nacional aborda los Estados del Cercano y Medio Oriente en los que coexiste el autoritarismo con la riqueza petrolera. Esa literatura acuñó el concepto de *Estados rentistas*: sostiene que donde el Estado tiene grandes ingresos fiscales que no provienen de los impuestos sino de la apropiación de una renta extraordinaria de recursos naturales, los gobernantes logran fácilmente subyugar a la sociedad.

En tales Estados rentistas la mayor parte de los individuos y de las empresas vive directa o indirectamente de empleos o contratos gubernamentales. Los gobernantes, entonces, no dependen de que los actores económicos paguen impuestos, sino que estos dependen de aquellos. Que la democracia no convive fácilmente con un Estado económicamente dominante no solo se constata empíricamente en los regímenes comunistas, ninguno de los cuales fue democrático: una importante tradición teórica postula que si, además del poder político, el gobierno posee el control de la economía, es improbable que acepte limitaciones como elecciones libres y parlamentos independientes.

En la Argentina hay provincias rentistas, no tanto porque tengan petróleo o gas –aunque algunas como Neuquén y Santa Cruz los tienen–, sino porque resultan beneficiadas por el federalismo fiscal. Por las normas de este, la recaudación tributaria es mayormente nacional, pero buena parte del gasto público es ejecutado por las provincias. La diferencia se cubre mediante transferencias federales, y ocurre que hay enormes diferencias en lo que se le transfiere a cada provincia: La Rioja y Santa Cruz, por ejemplo, reciben por ley aproximadamente seis veces más dinero per cápita que la provincia de Buenos Aires. Ni siquiera se trata de una redistribución de los distritos ricos a los pobres: Santa Cruz, con un nivel bajísimo de pobreza, recibe muchos más recursos por habitante que las muy necesitadas Chaco o Salta. El sistema en realidad beneficia fuertemente a las provincias demográficamente pequeñas a expensas de las grandes, y en particular de Buenos Aires.

Este estado de cosas parece deberse a la fuerte sobrerrepresentación que las provincias pequeñas tienen tanto en el Senado –debida a una disposición constitucional– como en la Cámara de Diputados (esta, en su actual versión, debida a un decreto-ley de la última dictadura militar). En las sucesivas reformas experimentadas por el federalismo fiscal argentino desde su creación en la década de 1930, la muy subrepresentada provincia de Buenos Aires fue perdiendo recursos a manos de sus hermanas menores.

Las provincias rentistas financian casi enteramente con esos subsidios del gobierno federal su muy elevado gasto público per cápita, en su mayor parte destinado a emplear una injustificablemente alta proporción de la población: en provincias como Catamarca, Formosa, La Rioja y Santa Cruz los empleados públicos constituyen el grueso de la población económicamente activa.

En nuestros análisis hemos encontrado una clara conexión entre mayores rentas del federalismo fiscal y menor democracia provincial. Un análisis estadístico del período 1983-2007 indica que la correlación negativa entre ambas variables es alta aun después de tener en cuenta la influencia que pudiesen tener factores como el nivel de desarrollo y otros. Preguntado cuán libres son los habitantes de La Rioja para participar en demostraciones promovidas por la oposición, uno de los expertos encuestados en la provincia respondió: 'La gente tiene miedo porque el 80% de la población económicamente activa depende del Estado de una forma u otra'. Las rentas del federalismo fiscal financian un estado provincial económicamente dominante, del que los ciudadanos dependen materialmente. Tales ciudadanos difícilmente elijan ser opositores.

Si bien el poder explicativo de las rentas del federalismo fiscal es grande, hay otros factores en juego. Tales rentas tienen un carácter estructural que dificulta o impide a los políticos alterarlas, pero la manera como las exploten depende en buena medida de las preferencias y capacidades de esos políticos. Las condiciones estructurales desfavorables a la democracia existieron en forma continua desde 1983 en Formosa y Santa Cruz, pero no parecen haber sido enteramente explotadas hasta que Gildo Insfrán y Néstor Kirchner obtuvieron respectivamente el poder en esas provincias.

Implicancias nacionales

La existencia de mayor o menor democracia en las provincias argentinas no es una cuestión de interés puramente intelectual. Los maestros, médicos, policías y jueces que tan críticamente inciden en la vida de los ciudadanos son principalmente empleados provinciales. Casi dos tercios de todos los funcionarios del sector público argentino lo son.

La debilidad de la democracia en las provincias afecta también al gobierno nacional. Los líderes de las provincias menos democráticas tienen influencia en la política nacional, no solo como gobernadores, senadores o ministros, sino –con llamativa frecuencia– como presidentes. La política argentina ha estado en buena medida dominada por dos figuras desde el retorno al orden constitucional en 1983, los justicialistas Carlos Menem y Néstor Kirchner, ambos ex gobernadores de provincias híbridas. Hay motivos para pensar que las notorias prácticas antidemocráticas que caracterizaron sus presidencias fueron en buena medida trasladadas de sus gobiernos provinciales. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ÁLVAREZ M *et al.*, 1996, 'Classifying political regimes', *Studies in Comparative International Development*, 31 (2): 3-36, accesible en *http://faculty.georgetown.edu/jrv24/ Alvarez_et_al_1996.pdf.*

GERVASONI C, 2010, 'A rentier theory of subnational regimes: Fiscal federalism, democracy, and authoritarianism in the argentine provinces', *World Politics*, 62 (2): 302-340, accesible en *https://ucema.edu.ar/conferencias/download/2010/23.09.pdf.*

GERVASONI C, 2018, *Hybrid regimes within democracies: Fiscal federalism and subnational rentier States*, Cambridge University Press.

LEVITSKY S & WAY L, 2002, 'The rise of competitive authoritarianism', *Journal of Democracy*, 13 (2): 51-65, accesible en *https://scholar.harvard.edu/levitsky/files/SL_elections.pdf.*

MAHDAVY H, 1970, 'The patterns and problems of economic development in rentier States: The case of Iran', en Cook MA (ed.), *Studies in Economic History of the Middle East*, Oxford University Press, Londres.

ROSS M, 2001, 'Does oil hinder democracy?', *World Politics*, 53 (3): 325-361, accessible en *https://www.researchgate.net/profile/Michael_Ross11/publication/236710633_Does_Oil_Hinder_Democracy/links/5411b19e0cf264cee28b50f9/Does-Oil-Hinder-Democracy.pdf?origin= publication_detail.*

SCHEDLER A, 2006, 'The logic of electoral authoritarianism', en Schedler A (ed.), *Electoral Authoritarianism: The dynamics of unfree competition*, Lynne Rienner Publishers, Boulder CO.

ZAKARIA F, 1997, 'The rise of illiberal democracy', Foreign Affairs, 76 (6): 22-43, accessible en *https://msuweb.montclair.edu/~lebelp/FZakariaIlliberalDemocracy1997.pdf.*

Carlos Gervasoni

Doctor (PhD) en ciencia política, Universidad de Notre Dame, South Bend IN.

Profesor asociado, Universidad Torcuato Di Tella.

cgervasoni@utdt.edu

María Elena Barral
Instituto de Historia Argentina y Americana
Dr Emilio Ravignani, UBA-Conicet

Jesús Binetti
Universidad Nacional de Luján

Catolicismo argentino y ciencias sociales

¿Es usted creyente?

Desde hace algunas décadas las ciencias sociales vienen abordando temas antes poco o nada atendidos por ellas. Así, muchas dimensiones de la actividad humana que no eran consideradas por la investigación histórica hoy son objeto de tesis doctorales, artículos y libros especializados. La mayoría de las veces, los desafíos del presente proporcionan las preguntas a partir de las cuales se mira el pasado. Así ha sucedido, entre muchas otras, con las cuestiones ambientales, la historia de las mujeres o las actividades de ocio y recreación. Y también con el estudio de los fenómenos religiosos, en especial, los relacionados con el catolicismo.

Resulta curioso, sin embargo, el recelo que todavía hoy rodea a esa clase de estudios, al punto de darse por sentada la adhesión (u hostilidad) confesional de sus investigadores, a quienes de modo recurrente se les pregunta si los estudian porque son creyentes o enemigos de la religión. Este tipo de situaciones difícilmente se replique regularmente en otros campos de indagación, por ejemplo, el estudio de la pobreza, de los terratenientes o de los militares.

Hasta hace unas pocas décadas, cuando la historia elaborada fuera de los ámbitos eclesiásticos se topaba con las instituciones religiosas y sus integrantes, o ignoraba su presencia, o les confería una existencia ahistórica que sustraía a la Iglesia del terreno de las interpretaciones del pasado (e incluso del presente). En este segundo caso, la centralidad del catolicismo se daba por supuesta y su acción resultaba eximida del ámbito de la investigación histórica rigurosa. Es lo que delatan expresiones del tipo de 'no podemos desconocer la importancia de la religión católica', incluidas en textos basados en el sobreentendido de que la religión es un dato incuestionable de la realidad. En esta visión, que las personas sean creyentes es algo tan obvio como que respiren, coman y mueran. La religión, entonces, parece pertenecer más al mundo natural que al social y, por eso, no constituye un objeto digno de estudio para las ciencias sociales.

¿DE QUÉ SE TRATA?

El catolicismo argentino como objeto de estudio de las ciencias sociales.

En las últimas décadas, en universidades y otras instituciones académicas fueron tomando cuerpo investigaciones sobre algunos actores, instituciones y prácticas religiosas encuadradas en los actuales criterios de elaboración de conocimiento científico. Lentamente, los estudios sobre el catolicismo argentino comenzaron a renovarse. Las perspectivas analíticas utilizadas son diversas. En una aproximación esquemática, puede afirmarse que si, para algunos, la religión es la clave explicativa de lo social, para otros son las condiciones materiales de vida de las personas las que la explican. Pero virtualmente para nadie su presencia es trivial.

El catolicismo entre la colonia y la república

No cabe duda de que el catolicismo es la religión histórica de lo que hoy es la República Argentina. La conquista del territorio hispanoamericano se produjo en el marco de una monarquía confesional. De ahí que, en el período colonial, ser católico no resultaba una opción; era una obligación. Las fronteras entre Iglesia, Estado y sociedad eran imprecisas y permeables. Durante mucho tiempo se habló indistintamente de delito y pecado, porque quien infringía una norma ofendía al mismo tiempo a Dios y al rey.

En los tiempos de la dominación hispánica, las instituciones y autoridades de la Iglesia eran también parte de la monarquía católica. Las tareas espirituales de los sacerdotes no les impedían ser piezas clave de la burocracia colonial. De hecho, junto con la cura de almas, cumplían el cometido de guardianes del orden público y de principales sostenes ideológicos de la monarquía.

Dados estos antecedentes, fue lógico que, en las primeras décadas del siglo XIX, los eclesiásticos participaran activamente en las guerras de independencia, y luego en la construcción de las nuevas repúblicas. Justamente, por haber sido piezas centrales de la arquitectura estatal colonial, constituían un grupo dotado de las competencias necesarias para edificar el nuevo orden. Lo hicieron mediante antiguas prácticas, desde el púlpito y la confesión, pero también por medio de otras flamantes: la redacción de la prensa periódica, la representación de sus comunidades en los procesos electorales, la participación en asambleas y legislaturas, y el acompañamiento de los ejércitos revolucionarios como capellanes.

La función de intermediación social del clero implicaba obligaciones tanto hacia las autoridades como hacia los feligreses. Por esta razón, en los momentos de inestabilidad política su posición quedaba a merced de los virulentos cambios que se producían. Así, por ejemplo, con las reformas promovidas en Buenos Aires por Bernardino Rivadavia (1780-1845), en 1822, los religiosos perdieron antiguos privilegios (si bien, para su fortuna, otros gobiernos provinciales del actual territorio argentino les dieron cobijo). De hecho, la misma Buenos Aires volvió a tenerlos como actores centrales durante los gobiernos de Juan Manuel de Rosas (1793-1877), de 1835 a 1852.

En las ciudades coloniales, las iglesias competían con los cabildos por ocupar los lugares más destacados, sobre todo las sedes de obispados o catedrales, como fue el caso de la de Córdoba que muestra esta imagen de alrededor de 1875, la más magnífica entre las construidas en el actual territorio argentino. En la época hispánica, la religión y la Iglesia desempeñaban un importante papel de legitimación y fortalecimiento de la monarquía católica, y por ende de configuración del orden político. Además de sede de la labor espiritual, las iglesias eran espacios de reunión y sociabilidad. Con el correr del siglo XIX, en cambio, la relación simbiótica de los poderes eclesiástico y civil evolucionó hacia la contraposición e incluso la confrontación. Foto biblioteca de la FFYH-FP, UNC.

Por esas décadas, también hubo transformaciones permanentes, producto, al fin, de la integración del país en el mundo atlántico. Desde el temprano siglo XIX, el arribo de inmigrantes no católicos –en particular, miembros de Iglesias cristianas reformadas, llamados entonces 'disidentes'– obligó a tolerar, con mayor o menor rigor legal, la presencia de diferentes cultos. El templo anglicano de Buenos Aires, hoy subsistente en la calle 25 de Mayo como catedral anglicana San Juan Bautista, data de 1831.

La Constitución de 1853 consagró el derecho a la libertad de creencias, en parte compensado por los privilegios otorgados al catolicismo en el texto constitucional. Sin embargo, la puerta abierta para el arribo de creyentes no católicos no alteró demasiado el mapa confesional del país: el predominio de los inmigrantes llegados de España, Italia y otras regiones con predominio católico siguió haciendo de esta religión la fuerza predominante en el panorama religioso local.

Con el correr de los años, la Iglesia modernizó viejos templos y erigió nuevos. Así, en 1905 el santuario colonial de Luján dio paso a la actual basílica, que la imagen muestra, inconclusa, el 25 de mayo de 1925, con la concurrencia que sale del protocolar tedeum. La modernización de los templos no estaba exenta de intecionalidad política: era un arma usada en los esfuerzos de reconquista religiosa de la ciudadanía ante los avances del laicismo. Foto Museo Enrique Udaondo

De todos modos, en esas décadas la Iglesia Católica sufrió un retroceso. La política modernizadora de la elite gobernante terminó limitando e incluso excluyendo la participación de la Iglesia en ciertas áreas que el Estado reclamaba para su dominio casi exclusivo, como la educación, los cementerios, el registro civil, etcétera. Distintos gobiernos provinciales implantaron medidas laicistas de ese tipo desde la década de 1860, y con la llegada en 1880 de Julio A Roca (1843-1914) a la presidencia ellas tomaron vigencia nacional.

Las relaciones Estado-Iglesia

Durante mucho tiempo, el conflicto entre Estado e Iglesia de fines del siglo XIX fue definido de manera simplista como liberales versus católicos. Esta disputa, sin embargo, debe situarse en un marco más amplio. La contienda finisecular fue la continuación de otros conflictos, entre ellos, el suscitado por el recorte borbónico de las atribuciones eclesiásticas en la segunda mitad del siglo XVIII y las reformas promovidas por Rivadavia en la década de 1820. En esos tres momentos, los programas modernizadores cercenaron antiguos privilegios del clero e hicieron inevitables las disputas. Si bien estas variaron en intensidad y resultados, constituyeron hitos de un proceso aun en curso: la separación de la Iglesia y el Estado.

Al enfocarse solo en el conflicto, los historiadores no confesionales perdieron de vista importantes facetas de la transformación del catolicismo. Así, a partir de 1880 la respuesta eclesiástica al avance de la secularización no se limitó a resistir las medidas laicistas: también puso en marcha iniciativas (en el plano de las ideas, las organizaciones y las prácticas) orientadas a rearmar sus estructuras para enfrentar, primero, al liberalismo y, poco después, al socialismo. Entre esas acciones se cuentan influyentes encíclicas, como la *Rerum novarum*, nuevas asociaciones y un papado fortalecido, instrumentos con los que la Iglesia procuró contrarrestar la creciente influencia del Estado y las consecuencias de la política finisecular.

Desde las postrimerías del siglo XIX, la Santa Sede envió señales al laicado católico para que asumiera un papel activo en lo que denominaba la recristianización de una sociedad que a su juicio había perdido el rumbo. En la última década de la centuria, auspició un asociacionismo obrero de raíz religiosa, opuesto a la acción sindical de izquierda entonces en ascenso. En la Argentina, su primera gran expresión fueron los Círculos Católicos de Obreros, definidos como entidades mutualistas ajenas a la actuación política. La versión más extrema de ese catolicismo activo fue el integrismo, antiliberal, nacionalista y, años más tarde, anticomunista.

Siglo XX: orden cristiano para la sociedad moderna

El término 'integrismo' aludía a una concepción totalizadora de la vida social y religiosa según la cual la única solución posible a los conflictos que auguraba el siglo

era 'restaurar todo en Cristo'. Propugnaba erigir un orden cristiano, impulsaba 'cruzadas moralizadoras' para reformar las costumbres y reclamaba al Estado que hiciera suyos los valores religiosos para convertir a cada ciudadano en un fiel. Su momento de esplendor fue la década de 1930.

La tarea de reconquista social promovida por el integrismo, sin embargo, encontró a los católicos divididos en cuanto a su alcance y a los métodos a utilizar. Hubo resistencias de sectores liberales y de otros inclinados a un conservadurismo tradicional, dados a la acción asistencialista.

La Iglesia Católica argentina tuvo un trato privilegiado con el Estado en los primeros años del gobierno de Juan D Perón. Claro está que frente a un gobierno –un liderazgo– destinado a conmover las bases sociales y políticas del país, las relaciones de la institución eclesiástica con las autoridades debían pasar, casi obligadamente, por altibajos. Diversos estudios resaltan la reivindicación por el primer peronismo de los ideales y de la identidad católicas, así como la colaboración en el gobierno de muchos sacerdotes y militantes laicos. La doctrina peronista quedó asimilada a la doctrina social de la Iglesia y las instituciones eclesiásticas se beneficiaron del acceso a más recursos estatales.

Sin embargo, las relaciones Iglesia-Estado se fueron enturbiando cuando el gobierno avanzó –en especial por la acción de la Fundación Eva Perón– sobre ámbitos como la asistencia social, sanitaria y recreativa de los sectores más necesitados, que la Iglesia consideraba propios. Además, a medida que el peronismo se fue consolidando, se dotó de una liturgia y una iconografía en la cual los trabajadores giraban en torno a Perón y Evita. Se iba formulando así un imaginario peronista con visos de religión política.

Desde 1953, a este avance simbólico sobre el territorio de la Iglesia se sumaron medidas mucho más concretas: la supresión de la enseñanza religiosa en las escuelas públicas, la ley de divorcio y la propuesta de separación de la Iglesia y el Estado. El enfrentamiento alcanzó un punto crítico a mediados de 1955. Ese año, la procesión de Corpus Christi en Buenos Aires se convirtió en una gran manifestación antiperonista, respondida poco después por seguidores de Perón con una quema de iglesias. El conflicto con la Iglesia fue fundamental para explicar el golpe que lo derrocó en septiembre de 1955.

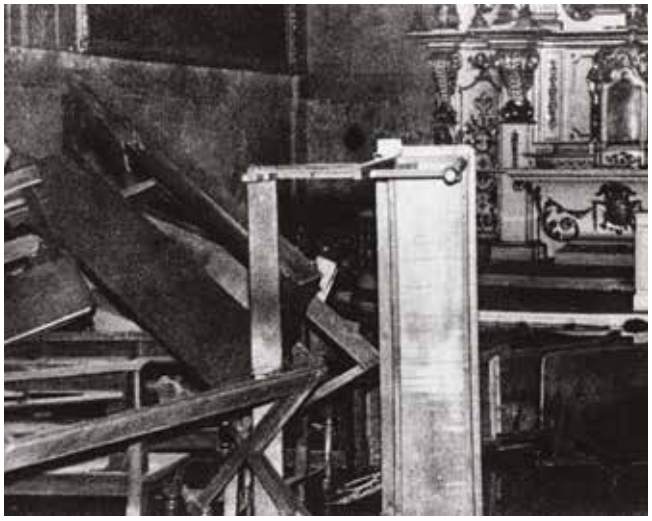
Exvotos dejados por los fieles en santuarios formales o informales en prenda del cumplimiento de promesas. Son manifestaciones de arte popular y muestran que los vínculos entre los fieles y sus devociones cobraron creciente autonomía de las instituciones eclesiásticas.

Manifestación ante el Congreso Nacional contra los proyectos legislativos orientados a la liberalización de las normas que rigen el aborto, Buenos Aires, 2018.

Que algunos aspectos de nuestro pasado resultan más comprensibles si se incorpora al análisis de la acción de la Iglesia, sus integrantes y sus instituciones también es cierto para la historia social y política más reciente. Se comprenden mejor diversas formas de militancia política de las décadas de 1950, 1960 y 1970 si se tiene en cuenta no solo las experiencias de formación política de buena parte de la juventud en la Acción Católica y las Juventudes Obreras Católicas sino, también, el Movimiento de Sacerdotes para el Tercer Mundo, fundado en 1968. Aun hoy, para muchas acciones de asistencia social se recurre a Cáritas o a los llamados curas villeros. Y como lo demostraron los debates legislativos de 2018 sobre el proyecto de ley de interrupción voluntaria del embarazo, la participación del clero y la movilización de la feligresía constituyen elementos recurrentes en la política argentina.

Riqueza aportada por otras disciplinas

Disciplinas como la sociología o la antropología han procurado comprender las actitudes en materia de prácticas religiosas. En particular, resultan de sumo interés los



Las relaciones entre la Iglesia y el gobierno nacional conocieron marcadas oscilaciones a lo largo de la historia. Cuando en 1948 el presidente Perón –en compañía de Eva Duarte– visitó la localidad de Esperanza, en la que fue recibido por el obispo de Santa Fe, Nicolás Fasolino, reinaba la armonía. El 16 de junio de 1955, en cambio, fecha de la quema de las iglesias céntricas de Buenos Aires por militantes peronistas –como la de San Francisco, que muestra la foto–, ambas instituciones se encontraban en abierto conflicto. Fotos Colección Luis Priamo y Archivo General de la Nación respectivamente

estudios que intentan responder a preguntas sobre cómo los creyentes incorporan las devociones a su vida cotidiana, tanto las oficiales como las surgidas en los márgenes del sistema; o cuánto cambiaron el mapa devocional del país los cultos evangélicos y las creencias de raíz oriental. La evidencia empírica para responder muchas de esas preguntas es escasa, pero existen estudios sobre prácticas religiosas locales en distintos contextos, desde los indios de las reducciones jesuíticas guaraníes hasta los fieles de la Virgen de San Nicolás o, la más reciente, la Virgen del Cerro de Salta.

La apertura del campo religioso, iniciada en la década de 1820, hoy ha dado paso a un escenario de pluralidad, en el que la presencia actual de religiones diferentes del catolicismo es ostensible, pese a los privilegios de los que aún goza este último. Sin embargo, y a diferencia de lo que sucedía en otras épocas, hoy los creyentes católicos viven, expresan y celebran su religiosidad con gran independencia de las instituciones oficiales de la Iglesia. El culto de dos de los santos populares más venerados, el Gauchito Gil y la Difunta Correa, se extendió por fuera de las formalidades eclesiásticas, aunque nunca disimuló sus intentos por ingresar al santoral oficial.

La investigación sobre estos temas nos devuelve un pasado más rico y complejo, con más actores y actrices, que los relatos tradicionales de la historiografía confesional y su contrarrelato anticlerical. A su vez, nos provee una perspectiva histórica para entender nuestro presente en el cual las resonancias religiosas se pueden leer y ver cotidianamente en los portales de noticias. En nada influye en lo anterior que el investigador, el estudioso o el simple curioso sean o no creyentes. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AYROLO V, BARRAL ME y DI STEFANO R, 2012, *Catolicismo y secularización: Argentina, primera mitad del siglo XIX*, Biblos, Buenos Aires.

DI STEFANO R y ZANATTA L, 2000, *Historia de la Iglesia argentina desde la conquista hasta fines del siglo XX*, Grijalbo-Mondadori, Buenos Aires.

LIDA M, 2015, *Historia del catolicismo en la Argentina entre el siglo XIX y el XX*, Siglo XXI, Buenos Aires.

MALLIMACI F (ed.), 2013, *Atlas de las creencias religiosas en la Argentina*, Biblos, Buenos Aires.

MAURO D, 2018, *De los templos a las calles: catolicismo, sociedad y política en Santa Fe (1900-1937)*, Prohistoria, Rosario.

WILDE G, 2009, *Religión y poder en las misiones guaraníes*, SB, Buenos Aires.

ZANCA J, 2006, *Los intelectuales católicos y el fin de la cristiandad (1955-1966)*, FCE, Buenos Aires.

María Elena Barral

Doctora en historia, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla.
Investigadora independiente en el Instituto Ravignani, UBA-Conicet.
Profesora asociada, Universidad Nacional de Luján.
magnebarral@gmail.com

Jesús María Binetti

Licenciado en historia, Universidad Nacional de Luján.
Jefe de trabajos prácticos en la misma universidad.
jbinetti74@yahoo.com.ar

Labranza tradicional. Un arado arrastrado por un tractor rotura la tierra en preparación para la siembra.

Emmanuel Zufiaurre
Mariano Codesido
Agustín M Abba
David Bilenca

Las aves en los rastrojos

El valor de los rastrojos

Se llama rastrojo al conjunto de tallos y hojarasca de los cultivos, más las malezas que los puedan acompañar, subsistentes en los potreros luego de la cosecha. El nombre se usa también para referirse a los predios luego de levantada esta y hasta la nueva siembra. En las últimas décadas, las peculiaridades de los rastrojos de la región pampeana han sufrido un proceso de transformación debido a cambios significativos en las prácticas agronómicas, sobre todo la adopción de la *siembra directa*. Esta significa la eliminación de la práctica de arar, que prepara los potreros para la siembra cortando y hasta cierto punto invirtiendo la capa superficial del terreno, con lo cual queda en mayor o menor medida enterrado todo lo que había sobre este. Con la siembra directa, en cambio, la tierra no se remueve y las semillas del nuevo cultivo se depositan en forma superficial, por lo común en surcos de escasa profundidad, sobre el rastrojo del cultivo precedente.

Los rastrojos cumplen funciones cruciales en el ciclo de los cultivos, pues contribuyen, entre otras cosas, a proteger el suelo de la erosión que puedan causar el viento y las lluvias, a conservar la humedad del terreno y hasta a mejorar su fertilidad por incorporación de materia orgánica. Sin embargo, existe cierta tendencia a verlos como simples residuos de cosecha de poco valor. Por otro lado, esas funciones han experimentado cambios con el pasaje de la agricultura con labranza a la siembra directa, cambios que abarcan las características de los agroecosistemas, en particular la biodiversidad de estos.

Según estimaciones de técnicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) basadas en observaciones realizadas en siete provincias, en la campaña agrícola de 2017, por deficiencias durante el proceso de cosecha, se derramaron casi 4 millones de toneladas

¿DE QUÉ SE TRATA?

El deficiente mantenimiento y la inadecuada operación de cosechadoras y medios de transporte de granos no solo producen en la agricultura pampeana la pérdida de unos 4 millones de toneladas anuales de granos de distintos cultivos que quedan en los rastrojos sin recolectar; contribuyen además a mantener significativas poblaciones de aves que pueden ser dañinas para dichos cultivos.

Izquierda. Siembra directa. Plantas de soja sembrada en hileras crecen sobre un rastrojo de trigo cuyos tallos mantienen su presencia entre las hileras del nuevo cultivo. **Derecha.** Rastrojo de cebada recién cosechada a principios de diciembre, en la época de la cosecha fina.

de granos de los cinco principales cultivos, con un valor de mercado del orden de los 1000 millones de dólares. Esos derrames constituyen abundante alimento para aves que se alimentan de granos y semillas, algo que ocurre en primavera-verano con la cosecha fina, que comprende principalmente trigo y cebada, como en otoño con la cosecha gruesa, que incluye maíz, soja, girasol, sorgo, etcétera. Hacerse cargo de esta situación podría proporcionar un camino para el manejo de poblaciones de aves perjudiciales para la agricultura.

Etapas de los cultivos susceptibles al daño por aves

La cotorra común (*Myiopsitta monachus*) y las palomas torcaza (*Zenaida auriculata*), de ala manchada (*Patagioenas maculosa*) y picazuró (*Patagioenas picazuro*) son especies nativas consideradas perjudiciales para la agricultura del centro de la Argentina debido a los daños que ocasionan a los cultivos. El aumento de la abundancia de estas aves ha sido asociado con la presencia conjunta de sitios adecuados para su alimentación y nidificación. En la región pampeana, su alimentación se ha visto incrementada por los mencionados cambios en las prácticas agrícolas, mientras que las arboledas plantadas proporcionan desde hace años sitios para construir nidos.

En otras zonas del país, como los bosques del espinal que rodean la región pampeana, esta situación se vinculó con la expansión de la frontera agrícola, la cual generó un paisaje rural en el que se alternan lotes de cultivos con fragmentos preexistentes de bosque nativo. Allí, las aves encuentran en un mismo sitio y tiempo abundante oferta de alimento en forma de semillas de los cultivos y lugares de nidificación y refugio en árboles cercanos.

El daño ocasionado por las aves varía según las especies, las regiones geográficas, los cultivos y las etapas de estos. Las palomas y cotorras atacan al maíz, girasol y sorgo sobre todo en la etapa de maduración de los granos, poco antes de la cosecha, pero también pueden alimentarse de plántulas recién emergidas de soja y girasol. Tradicionalmente, la reacción ante lo anterior fue tratar de eliminar las aves en las etapas del cultivo susceptibles al daño. Así, tanto productores rurales como instituciones gubernamentales han intentado diversas formas de control letal, desde caza con armas de fuego y trampeo hasta volteo o incendio de nidos y aplicación de cebos tóxicos o plaguicidas en el interior de los nidos, entre otras. Sin embargo, estas prácticas no solo suelen fracasar, sino también generar daños ambientales, como el envenenamiento de otros organismos, sean de la fauna silvestre como animales domésticos.

Dado que uno de los principales reguladores de las poblaciones de aves es la cantidad de alimento disponible, mientras la oferta de tales recursos sea elevada, aun-

que se eliminen individuos por los métodos anteriores, no se habrá mejorado la situación, pues otros llegarán para sustituirlos.

Relación entre abundancia de aves y semillas en los rastrojos

Entre 2011 y 2013, los autores de esta nota llevamos a cabo en veinticinco sitios de la provincia de Buenos Aires un estudio orientado a analizar la relación entre la abundancia de aves consideradas perjudiciales para la agricultura y la cantidad de semillas derramadas en esos sitios durante la cosecha. Realizamos muestreos en primavera-verano y en otoño, en coincidencia con los rastrojos de cosecha fina y cosecha gruesa. Elegimos lotes con rastrojos de los cultivos más comunes de la región, que incluyeron 77 rastrojos (44 de trigo y 33 de cebada) en primavera-verano y 89 en otoño (49 de soja, 27 de maíz y 13 de girasol).

En cada lote definimos un trayecto lineal o *transecta*, de 700m de largo por 100m de ancho. En el lapso de las cuatro horas posteriores al amanecer recorrimos cada transecta registrando las aves consideradas perjudiciales que avistamos en, o en vuelo, esa franja del rastrojo. A paso constante, ese recorrido insumió unos quince minutos.

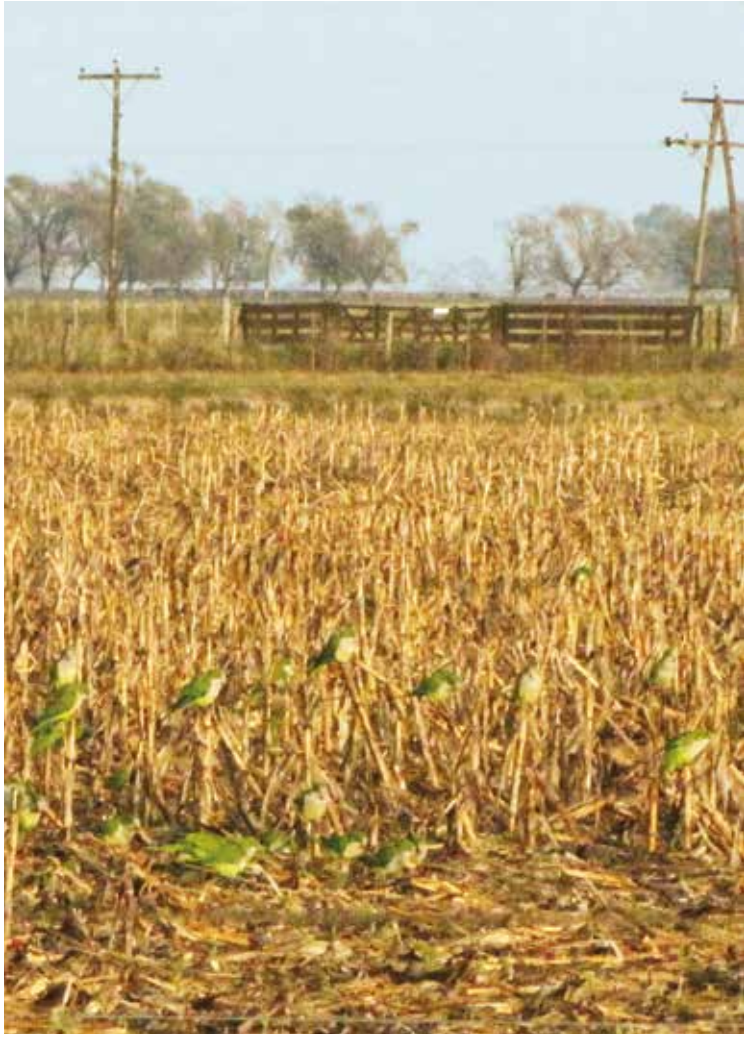
Simultáneamente con el muestreo de aves, en cada lote estimamos la cantidad de semillas derramadas en la cosecha recién concluida. Usamos un procedimiento definido por el INTA consistente en recolectar las semillas encontradas dentro de un aro de 0,25m^2 arrojado cuatro veces dentro del lote, lo que implica obtener una muestra de 1m^2 por lote. Luego dejamos secar las semillas a temperatura ambiente y las pesamos para estimar la biomasa de semillas desperdiciadas, que expresamos en kg/ha.

Rastrojo de maíz, uno de los cultivos más frecuentes –hoy después de la soja– de la cosecha gruesa.

Encontramos en varios casos una proporcionalidad directa entre abundancia de aves y cantidad de semillas derramadas. En primavera-verano, la abundancia de cotorras fue mayor en los rastrojos de trigo que en los de cebada. Constatamos algo parecido con la abundancia de palomas picazuró, que fue en promedio unas 12 veces más abundante en rastrojos de trigo que de cebada.

En otoño, la abundancia de torcazas en los rastrojos de girasol fue casi 10 veces mayor que en los de maíz y 31 veces mayor que en los de soja. La abundancia de co-

Paloma de ala manchada (*Patagioenas maculosa*) y paloma picazuró (*Patagioenas picazuro*). Hasta hace unos veinte años ambas especies solían incluirse en el género *Columba*, el cual, sobre la base de análisis de genética molecular, quedó ahora restringido a especies de palomas del Viejo Mundo.



Arriba. Cotorras alimentándose en plantas de girasol en plena maduración del grano.
Abajo. Cotorras en un rastrojo de maíz

Cotorra común (*Myiopsitta monachus*).

torras en los rastrojos de maíz fue 4,5 veces mayor que en los de soja y exhibió valores intermedios en los rastrojos de girasol. Las palomas de ala manchada resultaron más abundantes en rastrojos de girasol y maíz.

Si bien los resultados de estudios como este varían entre períodos del año y entre especies de aves, quedó demostrado que la abundancia de aves que causan daños en los cultivos está relacionada con la identidad de los rastrojos y con la cantidad de semillas derramadas durante las cosechas.

Alimentos encontrados por las aves

Según los resultados de nuestro estudio, estimamos que la biomasa de semillas derramadas en los rastrojos es de aproximadamente entre el 4% y el 8% del rinde de los cultivos de trigo y cebada, el 4% de los de girasol y maíz, y cerca del 7% de los de soja. Sobre la base de diversos estudios previos de ingesta diaria de alimento, se puede estimar que representan los valores anteriores para las aves mencionadas en este artículo. Un análisis de la dieta de torcazas constató que estas llevan en promedio 5,6g de alimento en el buche. Dado que en nuestros muestreos registramos una biomasa media de semillas derramadas en los rastrojos de girasol de 82kg/ha, podemos deducir que tales rastrojos proporcionan a las torcazas hasta aproximadamente 14.000 raciones de semillas de la oleaginosa por hectárea. De la misma manera, para cotorras el consumo promedio registrado en otro trabajo fue estimado en 10,6g; como la biomasa media de semillas derramadas en los rastrojos de maíz en nuestros muestreos fue de 282kg/ha, concluimos que tales rastrojos pueden ofrecer a esas aves hasta aproximadamente 26.000 raciones del cereal por hectárea. Como se aprecia, aun descontando el carácter solo aproximativo de los valores e incluso en cuenta que carecemos de datos para

relacionar una ración con el requerimiento energético diario de una torcaza o una cotorra, las cifras anteriores dan base para afirmar que los rastrojos de la región pampeana pueden contribuir a sostener altas abundancias de aves.

Si bien el daño ocasionado por las aves se produce cuando los cultivos están en las etapas de plántula y de maduración de las semillas, y en dichas etapas se han concentrado los esfuerzos de defensa, pareciera que una clave importante para morigerar la abundancia de las aves en cuestión está en los rastrojos, una etapa que ha recibido poca atención. Es cierto que en esa etapa del ciclo agrícola las aves no pueden causar daño a los cultivos, pero su abundancia entonces podría influir en su capacidad colectiva de afectar los cultivos en los momentos en que estos son susceptibles de ser dañados.

Resulta muy difícil comparar las mermas de rindes causadas por las aves con las ocasionadas por derrames en el campo durante la cosecha o el acopio, e incluso durante el transporte fuera de la chacra y hasta el embarque en puerto. Si bien se han ensayado algunas estimaciones de las pérdidas ocasionadas a los cultivos por las aves, que se podrían comparar con las restantes mermas, hemos preferido no incluirlas en este artículo pues se trata de casos individuales, son de tiempo atrás y tienen una enorme variación. Lo último es comprensible dado que se trata de datos muy difíciles de estimar. Además, en un caso sus factores causantes no pasan inadvertidos: el chacarero ve las bandadas de aves (y oye el batifondo de las cotorras), pero las otras pérdidas son silenciosas y menos visibles.

Paloma torcaza (*Zenaida auriculata*).

En conclusión, se puede pensar que un camino promisorio para morigerar este daño económico es evitar en todo lo posible la pérdida de semillas durante la cosecha, una acción que en sí misma proporciona un retorno monetario inmediato, además de su potencial de evitar daños a la próxima cosecha. Esto requiere un adecuado mantenimiento de las máquinas cosechadoras y del transporte de los granos, así como su correcto manejo por parte de los operarios, según lo indica el folleto del INTA citado como lectura sugerida. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2005, 'La transformación de la agricultura argentina', número temático, Ciencia Hoy, 15, 87: 6-61.

BUCHER E y ARAMBURÚ R, 2014, 'La cotorra como especie invasora: el caso de las pampas', Ciencia Hoy, 24, 141: 41-47.

BUCHER E, 2016, 'La paloma torcaza: un problema agrícola y urbano', Ciencia Hoy, 25, 148: 15-20.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA, 2017, INTA informa. *Cosechas eficientes*, folleto accesible en *http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2012/07/Especial-INTA-Informa-Mayo-2017.pdf.*

Emmanuel Zufiaurre

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Becario posdoctoral en el Instituto de Ecología, Genética y Evolución de Buenos Aires (IEGEBA), UBA-Conicet.
emmanuelzufiaurre@gmail.com

Mariano Codesido

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador adjunto en el IEGEBA, UBA-Conicet.
Jefe de trabajos prácticos, Departamento de Ecología, Genética y Evolución, FCEN, UBA.
mcodesido@ege.fcen.uba.ar

Agustín M Abba

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador adjunto en el Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE), UNLP-Conicet.
Jefe de trabajos prácticos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
abbaam@yahoo.com.ar

David N Bilenca

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador principal en el IEGEBA, UBA-Conicet.
Profesor adjunto, Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, FCEN, UBA.

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Encuentran en Neuquén una nueva especie de dinosaurio saurópodo

Fue bautizada con el nombre de Bajadasaurus pronuspinax. Investigadores del CONICET fueron responsables del hallazgo.

Por Miguel Faigón

Los saurópodos son un grupo de dinosaurios herbívoros y cuadrúpedos que vivieron entre el Triásico Tardío y el final del Cretácico Superior -cuando se produjo la extinción masiva del Cretácico-Paleógeno- caracterizados por su gran tamaño y el largo de su cuello y cola.

Recientemente, un equipo de paleontólogos del CONICET del Área de Paleontología de la Fundación Félix de Azara (Universidad Maimónides) y del Museo Paleontológico "Ernesto Bachmann" (Villa El Chocón, Neuquén) encontró en el norte patagónico, más precisamente en la formación geológica conocida como Bajada Colorada, una nueve especie de saurópodo a la que nombraron *Bajadasaurus pronuspinax,* en simultánea alusión a la localidad en la que fue hallado y a las largas espinas inclinadas hacia delante que caracterizan su cuello. Los resultados de su estudio fueron publicados en *Scientific Reports*.

La nueva especie pertenece a la familia de los dicreosáuridos, distinguida por largas espinas que cubren su cuello y espalda como continuación de sus vértebras, y vivió a comienzos del Cretácico Inferior hace alrededor de 140 millones de años. A este grupo de saurópodos pertenece también *Amargasaurus cazaui,* especie que habitó el continente sudamericano unos 15 millones de años después que *Bajadasaurus* y que fue hallada en Neuquén en la década del ´80 por el paleontólogo argentino José Bonaparte.

"La funcionalidad de las largas espinas en los dicreosáuridos es aun motivo de controversias entre los paleontólogos. Con el hallazgo de *Bajadasaurus* creemos que se puede arrojar claridad sobre algunas cuestiones", afirma Pablo Gallina, investigador adjunto del CONICET en la Fundación Félix de Azara y primer autor del trabajo.

Algunas de las hipótesis formuladas indican que estas espinas servían de soporte de una especie de vela que regulaba la temperatura corporal de los dinosaurios o que conformaban una cresta de exhibición que les otorgaba mayor atractivo sexual. También se especuló, por ejemplo, que estas especies podrían haber tenido una joroba carnosa entre las espinas que servía para almacenar reservas. Otra presunción es que las espinas estaban cubiertas con fundas de de cuerno que cumplían una función defensiva frente a potenciales ataques.

"Nosotros creemos que las largas y puntiagudas espinas -extremadamente largas y finas- en el cuello y la espalda de *Bajadasaurus* y *Amargasaurus* debían servir para disuadir a posibles predadores. Sin embargo, pensamos que si sólo hubieran sido estructuras de hueso desnudas o forradas únicamente de piel podrían haber sufrido roturas o fracturas fácilmente con un golpe o al ser atacados por otros animales. Esto nos lleva a sugerir que estas espinas debieron estar protegidas por una funda córnea de queratina similar a lo que sucede en los cuernos de muchos mamíferos", explica Gallina.

El estudio del cráneo, el mejor preservado mundialmente para un dinosaurio dicreosáurido, sugirió a los investigadores que estos animales pasaban gran parte del tiempo alimentándose de plantas del suelo mientras las cuencas de sus ojos, cercanas al techo del cráneo, les permitían controlar lo que sucedía en su entorno.

"La importancia de este estudio radica, entre otras cosas, en que nos permite conocer un poco más sobre los dinosaurios que habitaron la zona de Patagonia Norte mucho antes del reinado que ejercieron durante el Cretácico Superior grupos de dinosaurios como los saurópodos titanosaurios o los terópodos abelisaurios sobre los que sabemos mucho más. Es con este objetivo que desde 2010 venimos explorando la zona de Bajada Colorada donde encontramos rocas de 140 millones de años atrás", concluye el investigador. ■

Un grupo de Bajadasaurus a la vera de un curso de agua. Ilustración: Jorge A González.

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Una plataforma para desarrollar vacunas orales y reemplazar el uso de las jeringas

Fue diseñada por un equipo del CONICET dirigido por Hugo Luján y publicada recientemente en la revista Nature Communications.

Por Cintia Kemelmajer

Doctor Hugo Luján

En muchas personas vacunarse desencadena un cóctel de miedos atávicos. Detrás de la jeringa suele aparecer la aversión a las inyecciones, la preocupación por la esterilidad de las agujas o hasta el fantasma de contraer una infección cruzada. Hugo Luján, doctor en Ciencias Químicas del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y director del Centro de Investigación y Desarrollo en Inmunología y Enfermedades Infecciosas (CIDIE) de Córdoba, diseñó una cura para todos esos males: una plataforma que permitiría convertir cualquier antígeno en una vacuna de ingesta oral –a través de pastillas- que podría reemplazar a las inyecciones tradicionales y significaría el fin de la pesadilla.

Hasta hoy, la única vacuna oral que existe en el mercado es la Sabín, que se desarrolló en los años 60 y se aplica contra la Poliomelitis en niños de 6 meses a 5 años de edad. La plataforma desarrollada por Luján, difundida recientemente a través de la publicación de un *paper* en la revista *Nature Communications*, podría utilizarse en la generación de vacunas orales que combatan cualquier agente infeccioso, incluso contra células tumorales.

Como es lógico, el surgimiento de este desarrollo tiene atrás una cadena de desarrollos previos y más de veinte años de dedicación en el estudio de los mecanismos de adaptación de parásitos patógenos humanos y de animales. Para comprenderlo, es necesario repasar primero cómo funcionan las vacunas tradicionales. El mecanismo es muy simple: a través de una inyección, ingresa al cuerpo una cantidad pequeña de virus o bacterias que le "enseñan" al sistema inmunitario cómo reconocer, defenderse y atacar a los microorganismos -virus o bacterias- cuando eventualmente lo invadan.

En contraposición a las vacunas inyectables, la principal desventaja de las vacunas orales es que se degradan fácilmente en el intestino a través de la digestión. Sin embargo, Luján y su equipo fueron pioneros en generar, en 2008, una vacuna oral contra la Giardiasis, una enfermedad diarreica que afecta sobre todo a los países subdesarrollados, ocasionada por un parásito microscópico unicelular que vive en el intestino delgado de las personas y se transmite por las heces de una persona o animal infectado.

¿Cómo llegaron a ese descubrimiento? El parásito *Giardia lambia* es particular, porque tiene un mecanismo adaptativo denominado "variación antigénica", que actúa como un "disfraz": por medio de este proceso, el parásito tiene la capacidad de cambiar continuamente sus principales moléculas de superficie (llamadas "proteínas variables de superficie" o VSPs), lo que le permite evadir la respuesta inmune del hospedador y por eso puede permanecer crónicamente en el intestino de una persona o animal. Por eso, también, *Giardia* era un parásito tan difícil de combatir. Luján logró, por primera vez, que el repertorio completo de VSPs nativas purificadas fuera capaz de provocar una respuesta inmune protectora contra todos los posibles "disfraces" del parásito en forma de oral, que fue validada en el laboratorio y luego en animales domésticos, con resultados que permitieron al CONICET su licenciamiento a una empresa internacional.

Con ese desarrollo patentado, Luján se reunió con colegas de Francia y surgió una nueva idea: desarrollar vacunas orales para prevenir otros agentes infecciosos, adosándoles a los antígenos las proteínas VSPs de *Giardia*, que por sus propiedades protectivas permitirían que las vacunas orales resistan en el intestino y no sean degradadas. Los colegas de Francia, en tanto, aportaron el desarrollo de unas "partículas similares a virus" (VLPs), partículas que estimulan el sistema inmune porque imitan las estructuras de los virus, pero no tienen su material genético, por lo tanto, no enferman. La decoración de las superficies de las VLPs con las VSPs y los antígenos que se quieran combatir –como por ejemplo de gripe, de Zika, de tuberculosis- dio como

resultado vacunas orales efectivas en estudios en animales. Esa combinación es la revolucionaria plataforma que creó Luján junto a sus colegas y su equipo, con participación especial de las investigadoras Marianela Serradell y Lucía Rupil.

Detalles del desarrollo

"Las partículas similares a virus son como el armazón, a las cuales se les puedo agregar una molécula cualquiera, para generar una respuesta inmune contra la misma. Pero al mismo tiempo se le agrega las proteínas de superficies de *Giardia* para que se protejan en el intestino. *Giardia* vive en el intestino y nadie sabía por qué no se digería como cualquier comida, nosotros empezamos a ver estas proteínas de superficie que en su momento nos ayudaron a generar esta vacuna contra *Giardia*, y vimos que si se las ponemos por fuera, estas partículas similares a virus no se degradaban", expone Luján. "Aunque parezca compleja, es una técnica fácil de llevar a cabo y sin necesidad de equipamiento de alta complejidad", asegura el investigador del CONICET.

"Producimos esas proteínas de *Giardia* en el laboratorio, las sometimos a diferentes condiciones de digestión, y vimos que todas estas proteínas resisten, entonces son excelentes para proteger estas partículas virales, a las que le podemos unir cualquier antígeno vacunal. Esa es la plataforma", agrega. "Ya la probamos con antígenos del virus de la Influenza, el virus Sincicial Respiratorio, la tuberculosis y el Zika, y esos antígenos no se degradan y generan una importante respuesta inmune no solo en las mucosas, por done entran al cuerpo la mayoría de los agentes infecciosos, sino también de forma sistémica."

Agrega Luján que "durante nuestros estudios también observamos que al inyectarle a ratones vacunados contra un determinado antígeno y células tumorales expresando ese determinado antígeno, los tumores no se desarrollaban, lo que sí ocurría en los animales no vacunados o en aquellos vacunados oralmente con partículas sin VSPs. Inclusive, para algunos tumores la vacuna funcionó de manera terapéutica".

Entre las ventajas de las vacunas orales, Luján apunta que "como estas partículas orales no requieren frío para su transporte o guardado ya que incluyen proteínas de *Giardia* -que soporta cambios de temperatura y pH tanto dentro como fuera del intestino-, no requieren cadena de frío ni ninguna logística particular. Tampoco necesitan personal entrenado, no presentan riesgo de infecciones cruzadas, evitan los riesgos asociados al uso de jeringas y agujas, no tienen gastos por el descarte, son indoloras y al constituir una técnica no invasiva resultan atractivas para su aplicación en programas de vacunación masiva o personalizada".

Para Luján, "las posibilidades que se abren con esta plataforma son inmensas y podemos generar importantes recursos para el país". Y concluye: "Nunca imaginamos que íbamos a encontrarle utilidad a estas proteínas más allá de la vacuna contra *Giardia*. La ciencia es así: uno no puede predecir en qué va a terminar. El próximo paso será que se hagan ensayos clínicos en seres humanos". ■

ARQUEOLOGÍA

Hallan el esqueleto de una mujer inca en el Pucará de Tilcara

Un equipo liderado por la arqueóloga del CONICET, Clarisa Otero, descubrió restos de una mujer adulta y diversos elementos que refuerzan nociones acerca de prácticas funerarias prehispánicas.

Por *Sergio Patrone Firma Paz*

A 2400 metros de altura sobre el nivel del mar, en el centro de la Quebrada de Humahuaca se erige el Pucará de Tilcara. Allí, donde descansan las estructuras arqueológicas de un pueblo prehispánico un equipo de investigadores liderado por la Dra. Clarisa Otero, investigadora adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA, CONICET-UNJu), halló el esqueleto de una mujer que aparentemente tuvo un destacado prestigio social durante la dominación incaica de la región. Sus restos estaban colocados en posición genuflexa, junto a diversidad de piezas cerámicas, huesos de animales, cuentas de collar, placas de metal, un tubo de hueso que pudo ser parte de un instrumento musical o para inhalar alucinógenos,y también pigmentos, bloques de pedernal, y dos morteros con adherencias de mineral de cobre y hematita.

"Este hallazgo refuerza las nociones que teníamos acerca de las prácticas funerarias prehispánicas, pero a su vez brinda nueva y valiosa información. Por un lado, la ausencia de una estructura para contener el cadáver y la presencia de fauna cadavérica que demuestra que la mujer estuvo parcial o completamente expuesta, revelan que su exposición fue intencional y su descomposición transcurrió *in situ*. Esto implica que una vez que fue depositado el cuerpo en el patio, no se lo movió", explica Otero.

Sin embargo, los especialistas sostienen que se manipularon parte de sus restos ya que, si bien al esqueleto no se lo encontró desarticulado, faltaba su tibia derecha. En otros contextos del Pucará, también detectaron evidencias de la separación de partes esqueletales y hasta la formatización de algunos huesos para utilizarlos como instrumentos para inhalar alucinógenos.

La manipulación de los restos humanos fue una práctica común en los Andes y respondía a creencias religiosas, que en algunas comunidades perduran hasta el presente. En la concepción andina sobre la muerte, los difuntos continuaban presentes en la vida cotidiana e incluso participaban activamente en los rituales para la toma de decisiones políticas. Los ancestros eran los responsables de generar el bienestar de las personas y propiciar la fertilidad.

En situaciones de conflicto, particularmente durante la conquista española, el culto a los

ancestros cobró nuevas fuerzas ya que se creía que los antepasados eran quienes podían brindar protección. El caso de la mujer de Tilcara podría responder a estas creencias ya que los fechados arrojan resultados que sitúan cronológicamente su deceso entre fines de la dominación incaica y el período hispano-indígena, es decir el momento previo a que el español ocupe efectivamente la Quebrada de Humahuaca a fines del siglo XVI d.C, pero durante el cual el Imperio Incaico colapsa.

Es posible que esta mujer estuviera expuesta como un ancestro para procurar la supervivencia y recibir asistencia ante distintas inclemencias. Por su destacado ornamento posiblemente tuvo un rol importante dentro de la sociedad. "Si bien sabemos que sus primeros años de vida no transcurrieron en la Quebrada, debido al tipo de ofrendas que recibió y la ubicación donde fue colocado su cuerpo, su papel hacia el interior de la comunidad no debió ser menor. Esta mujer quizás formó parte de un grupo de elite oriundo de otra región del *Tawantinsuyu*, que pudo trasladarse y asentarse en la Quebrada buscando refugio ante la embestida española", sostiene la investigadora.

Esta región fue uno de los pocos territorios del NOA que no sufrió una inmediata colonización ya que los pueblos quebradeños resistieron por más de seis décadas la intromisión europea. En este contexto histórico, la figura y presencia de esta mujer en un patio elevado del Pucará, visible desde diferentes puntos, pudo servir para crear y sostener vínculos identitarios que permitieran acentuar la memoria colectiva y las tradiciones incaicas ante la inminente llegada del español.

El momento del hallazgo y su importancia

18 de noviembre de 2016

Está caluroso y algo nublado en el Pucará de Tilcara. Cerca del mediodía Clarisa Otero y su equipo de campaña se apostan en un sector de viviendas y talleres de producción artesanal ocupados durante la dominación incaica de la región (Siglo XV al SVI dC). Para avanzar en la reconstrucción de las tareas artesanales y cotidianas que se desarrollaron en esta estructura, además de excavar el contexto donde se encontró a la mujer, se excavó el piso de ocupación del patio.

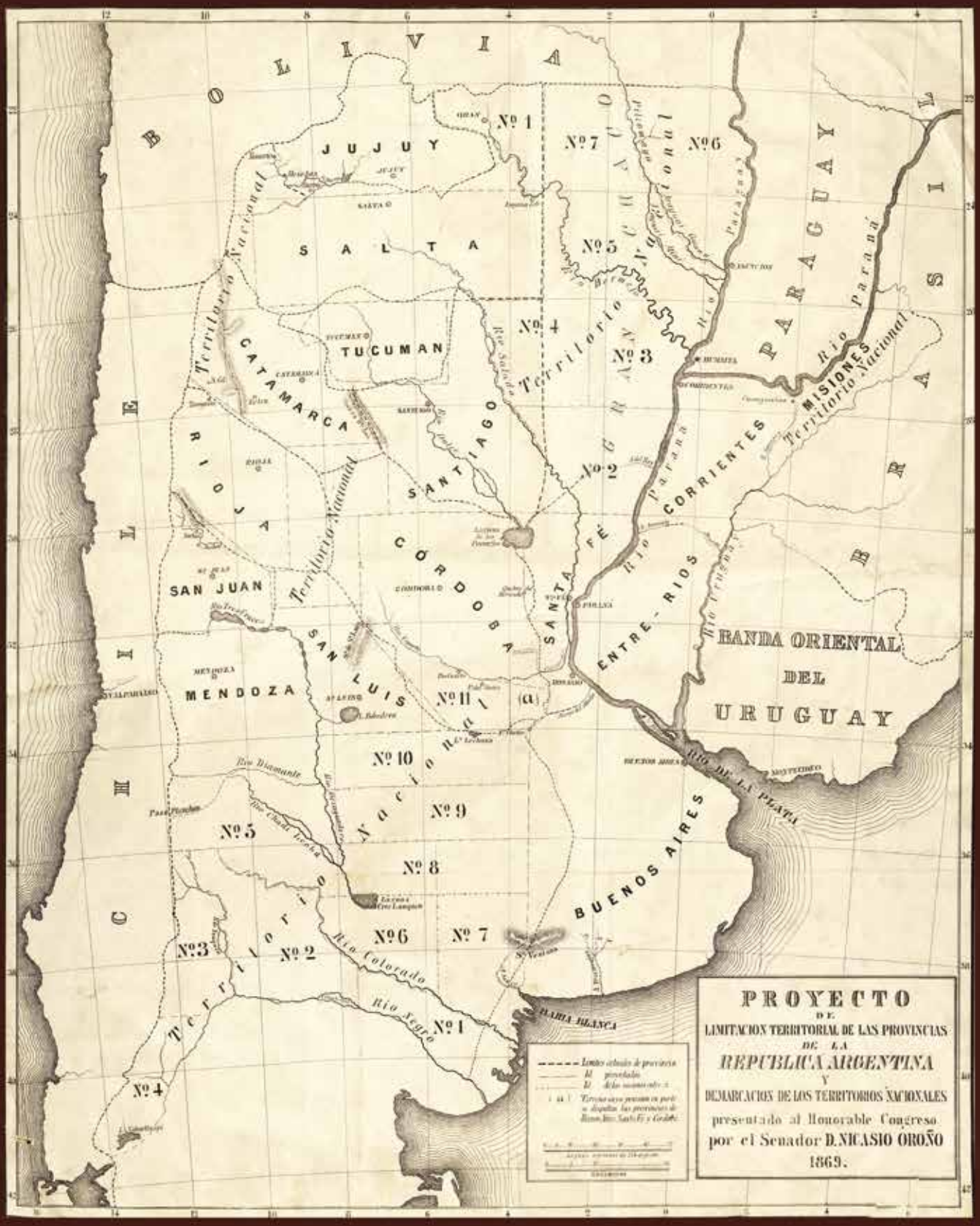
Luego de profundizar treinta centímetros con cucharines, espátulas y piquetas llega el momento de los pinceles. "Lo primero que encontramos en relación al hallazgo del cuerpo de la mujer fue su cráneo, algo inesperado ya que las sepulturas de las personas generalmente se realizaban en las esquinas de las viviendas. De allí que nosotros nunca elijamos los ángulos de los recintos para excavar, ya que nuestro principal objetivo de investigación refiere al desarrollo de la producción de artesanías de forma especializada durante la dominación incaica del Pucará. Una vez que avanzamos con la excavación del cráneo de la mujer, pudimos observar que el esqueleto estaba casi completo y articulado. Por el tipo de elementos que tenía asociados, en el momento pudimos afirmar que se trataba de una persona destacada. En principio, nos pareció que podía ser algún artesano vinculado a las tareas especializadas que allí se realizaron, un *camayoc*. A partir del análisis del contexto y todas las evidencias asociadas, actualmente proponemos otra hipótesis acerca del rol que debió cumplir esta mujer dentro de la sociedad quebradeña", explica la arqueóloga.

Los análisis posteriores

Para precisar la antigüedad del hallazgo, la edad de la mujer, su estado de salud, saber que ella nació en un lugar distinto al que murió, realizar mediciones antropométricas del cráneo, y analizar su fauna cadavérica se realizaron distintos estudios. Por otra parte, se analizaron los bloques de roca que estaban junto a las extremidades de la mujer, un análisis superficial de la placa metálica, como así también de muestras zooarqueológicas y polen.

Los resultados alcanzados a partir del análisis contextual de las evidencias recuperadas entorno al cuerpo de la mujer y los estudios particulares sobre sus restos demuestran el valor del trabajo interdisciplinario para avanzar en el conocimiento sobre las prácticas mortuorias prehispánicas.

No solo se pudo determinar que la mujer nació y creció en otra región, distinta a la Quebrada, sino que parte de sus ofrendas mortuorias también procedían de otros ambientes, tales como las cuentas collar de atacamita, algunas piezas cerámicas, las plantas de la familia del *Lauraceae*, el lagarto, y quizás el cuis. La presencia de estos animales no es menor, ya que tenían un alto valor simbólico en los ritos curativos y propiciatorios de fertilidad. Por otro lado, resultaron fundamentales los datos que se aportaron desde la entomología forense, para reconocer el tipo de tratamiento mortuorio que se dio al cuerpo, con la intención de exponerlo para ser contemplado colectivamente. ■



Llimitación territorial de las provincias y demarcación de los territorios nacionales presentado al Congreso por el senador Nicasio Oroño. 1869. Archivo General de la Nación

José Bustamante Vismara
Centro de Estudios Históricos
(CEHIS), Universidad Nacional de
Mar del Plata-Conicet

Las escuelas públicas en tiempos de caudillos

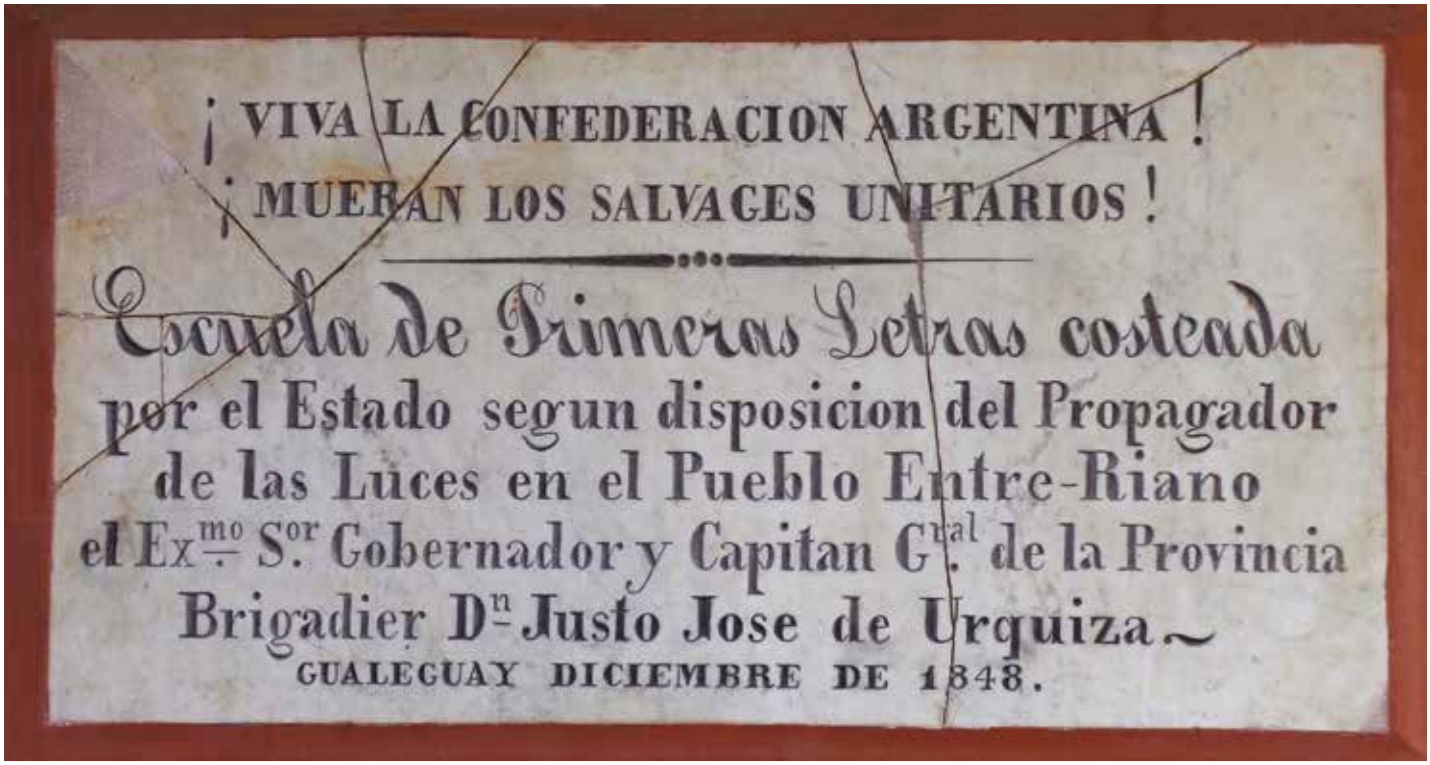
Hacia fines de la década 1840 el gobierno de Entre Ríos, una de las provincias de la Confederación Argentina, incrementó sustancialmente su inversión en educación. No solo generó las condiciones para erigir el con el tiempo prestigioso colegio de Concepción del Uruguay, sino también puso en marcha una importante red de escuelas elementales. En Gualeguay, por caso, se colocó en el frente de una de ellas la placa de mármol que reproduce la figura.

Por su envergadura y ambición, se trató de una experiencia educativa singular, poco frecuente en otros distritos. En el temprano siglo XIX, las escuelas del actual territorio de la Argentina se caracterizaron casi siempre por sus limitados recursos y su pobreza material. Así, en el poblado de Navarro, a unos 120km al sudoeste de la ciudad de Buenos Aires, había en 1828 una escuela para varones en las cercanías de la plaza y la iglesia. Era un local de unos 8 x 5m, con paredes de adobe crudo, techo de paja sostenido por troncos de álamo, dos ventanas de regular tamaño con rejas de palo y piso a medio enladrillar, que carecía de equipamiento, como muchas otras escuelas de ese entonces. En 1824, el presbítero Juan Bautista Urquía informaba que a la escuela de Fuerte del Tío, a unos 130km al noreste de Córdoba, concurrían 42 jóvenes, de los cuales solo 14 practicaban la escritura porque la falta de útiles y enseres hacía difícil extender la actividad a los restantes. Agregaba que le era indispensable contar con una mesa, dado que solo tenía una prestada por un vecino, 'muy incómoda, por ser demasiado chica y de altura muy baja'.

La pobreza material de estas escuelas no debe llevarnos a creer que la educación no merecía atención alguna por parte de las autoridades. Hacia 1820 en el territorio rioplatense existían una docena de estados que con el tiempo serían sendas provincias de la aún inexistente República Argentina. Con distintos tonos y especificidades, cada una de estas provincias-estados instituyó legislaturas o salas de representantes, que suplantaron a los cabildos coloniales y acompañaron a los gobernadores-caudillos. Al mismo tiempo, se difundía un discurso republicano y se ensayaban prácticas electorales que buscaban legitimar esas nuevas unidades políticas. Tulio Halperín Donghi argumentó que ese período estuvo signado por la ruralización de las bases del poder, lo que entre otras cosas explica la emergencia del caudillismo mencionado en el título. En tal marco político surgieron las escuelas públicas de pri-

¿DE QUÉ SE TRATA?

La educación elemental a principios del siglo XIX en el actual territorio argentino.



Placa de mármol de la escuela de primeras letras establecida por el gobierno de Entre Ríos en Gualeguay. 60 x 40cm. Foto cortesía Museo Delio Panizza, Concepción del Uruguay.

meras letras a las que se refiere esta nota, nacidas para sostener las políticas de educación elemental de esos estados. Y aun cuando su número e importancia contrasta con lo que sucedería más tarde, el esfuerzo educativo de los estados de la Confederación no fue insignificante.

En las décadas de 1820 y 1830 en la ciudad de Buenos Aires existían unas diez escuelas públicas. En cada pueblo de campaña de esa provincia había por lo menos una escuela hacia 1830, lo que totalizaba unas treinta, aunque no todas ellas funcionaron con regularidad. Eran escuelas para varones de entre seis y doce años, en las que se enseñaba a leer, escribir y hacer cuentas, más instrucción en la religión católica. El número de escuelas públicas rondó las veinte en Córdoba y en Entre Ríos, mientras que en Tucumán hubo una docena de ellas con el gobierno de Alejandro Heredia (1831-1838).

La administración de estas escuelas de educación elemental adoptó diversas formas, pero casi todas ellas estaban dirigidas por cuerpos colegiados llamados juntas. Así, en Córdoba hubo una junta directiva con sede en la ciudad capital que centralizó las decisiones para toda la provincia; en Tucumán, juntas protectoras servían de nexo entre el gobernador y las poblaciones donde se radicaban escuelas, mientras que en Entre Ríos una junta directiva con sede en Paraná actuaba por medio de un inspector que se desplazaba por la provincia. En Buenos Aires, tras la supresión de los cabildos y las reformas modernizadoras implantadas por el gobierno de Martín Rodríguez (1820-1824), las escuelas para niños sobre las que tenía responsabilidad el gobierno se pusieron bajo la órbita de la Universidad de Buenos Aires. Esta, fundada en 1821, fue organizada en departamentos, uno de los cuales era el de Primeras Letras. Así operaron las escuelas hasta 1828 cuando, durante el gobierno de Manuel Dorrego (1827-1828), la administración de los establecimientos escolares quedó bajo una Inspección General dependiente del Ministerio de Gobierno. Pero tanto durante la administración de la universidad como después, la relación con los maestros de los pueblos estuvo mediada por juntas protectoras.

El nombre 'escuela primaria' no se usaba entonces, dado que presupone cierto ordenamiento jerárquico de estudios e instituciones que solo cobraría forma más tarde, tras la creación de los colegios nacionales y otras escuelas de enseñanza media. Se hablaba de escuelas de primeras letras o elementales, o alternativamente de escuelas públicas. La noción de escuela pública irrumpió entre fines del siglo XVIII y principios del XIX al compás de algunos de los cambios liberalizadores introducidos en España por las reformas borbónicas, extendidos luego a Hispanoamérica. Y aun cuando la religión católica siguió enseñándose, el nombre puso de relieve el inicio de un proceso de secularización de la educación elemental.

Las escuelas públicas de las que nos estamos ocupando no fueron las únicas instituciones abocadas a la enseñanza elemental. En Buenos Aires, como lo explica Carlos Newland en el libro citado entre las lecturas sugeridas, tan-

to en la ciudad como en los pueblos de campaña la Sociedad de Beneficencia promovió la educación elemental para niñas. Si bien las órdenes religiosas y las parroquias continuaron enseñando primeras letras, la educación del ámbito católico no ejerció el dominio del que con frecuencia se habla. Incluso algunas Iglesias no católicas (o disidentes, en el lenguaje de la época) abrieron escuelas, como la presbiteriana escocesa, cuyo establecimiento se fundó en 1838. También la educación particular o privada tuvo un lugar importante, sobre todo en la década de 1840 cuando el gobierno de Rosas limitó las inversiones en educación pública y se expandió notablemente la educación privada.

¿Quiénes eran los maestros? Amén de tratarse de personas letradas, es difícil trazar su perfil social y entender las razones que los impulsaban a ponerse al frente de un establecimiento educativo. Los reglamentos que prescribían los requisitos para su designación enfatizaban, más que sus aptitudes pedagógicas, sus credenciales morales y políticas. En Córdoba, la junta protectora que analizaba a los candidatos a maestros estaba atenta a 'sus buenas costumbres, moralidad y decencia'. En sentido similar, en Victoria, Entre Ríos, en 1836 se informó que un postulante llamado Juan Alem 'tiene las aptitudes necesarias para la enseñanza; su letra es correcta, lee desembarazadamente, es federal adicto al gobierno, está instruido en los dogmas de nuestra religión, es dócil y generalmente sirve bien, mas necesita que lo aviven tocante a la enseñanza de los niños'. Esta sutil afirmación final sugiere algún interés por el desarrollo de capacidades pedagógicas, el cual recién comenzaría a cobrar verdadera relevancia en la segunda mitad del siglo XIX.

Ejercicios de escritura realizados en 1838 en la escuela de Fraile Muerto. Archivo Histórico de la Provincia de Córdoba, fondo Gobierno, t. 155, letra A, legajo 18.

Justo José de Urquiza (1801-1870). Daguerrotipo de fotógrafo no identificado. Primera mitad de la década de 1850. Imagen retocada electrónicamente, Museo Histórico Nacional.

Al estudiar la historia de la educación en el período nos enfrentamos a dos grandes dificultades. La primera es la necesidad de reconstruir las características de instituciones educativas de las que tenemos testimonios parciales y fragmentarios. Ello se debe, entre otras cosas, a la fragilidad y pobreza material de muchas iniciativas educativas, visible en una historia plagada de mudanzas, cierres y reaperturas. Los motivos de esta debilidad fueron diversos: maestros designados que al poco tiempo abandonaban sus puestos, padres o madres que reclamaban por la excesiva lentitud del aprendizaje, alumnos que faltaban de manera repetida, juntas que padecían conflictos entre sus integrantes, pobres condiciones materiales que dificultaban la enseñanza, etcétera. En tal contexto, el acto formal de fundación de una escuela no significaba su efectiva puesta en marcha, ni su continuidad en el tiempo. No obstante estas debilidades endémicas, es importante advertir que la reiteración de los esfuerzos revela una extendida preocupación por arraigar la educación elemental.

Una segunda dificultad radica en cierto anacronismo con que buena parte de la literatura historiográfica ha in-

tentado comprender las características y la trayectoria de las instituciones educativas. Muchos trabajos las han concebido, erróneamente, como antecesoras del vasto sistema educativo que cobró forma a fines del siglo XIX. No negamos que hayan existido continuidades entre este y aquellos establecimientos iniciales, pero no se pueden dar por descontadas. De hecho, uno de los vínculos más sugerentes entre las experiencias educativas tempranas y la organización educativa consolidada a partir de la década de 1880 quedó estampado en la Constitución de 1853. En su artículo 5º, el texto constitucional estableció que la educación primaria sería gratuita y administrada por las provincias. Se trata de un punto relevante, que tendría larga influencia en la trayectoria institucional de la educación argentina. De hecho, la Constitución actualmente vigente conserva esa cláusula, aunque no la prescripción sobre gratuidad. Además, la de 1853 afirmaba el derecho de enseñar y aprender (arts. 14 y 25), y dejaba en la potestad del Congreso el dictado de planes de instrucción general y universitaria (art. 64, inc. 16).

Es sabido que la obra de Juan Bautista Alberdi (1810-1884) *Bases y puntos de partida para la organización política de la República Argentina*, publicada inicialmente en Valparaíso en 1852, sirvió de referencia para la sanción de la Constitución de 1853. Central para definir la arquitectura política de la república federal, el influjo de Alberdi fue poco relevante en materia educativa. ¿Por qué la Constitución puso la educación primaria en manos de las provincias? Justamente, es posible que las experiencias de la primera mitad del siglo XIX, bastante más consolidadas de lo que con frecuencia se cree, alentaran esa decisión. No hay que perder de vista, sin embargo, que una opción centralizada en la materia hubiera entrado en colisión con el federalismo de la ley fundamental.

Las escuelas nacidas en la era independiente exhibían una preocupación abierta y explícita por generar legitimidad política, pues buscaban que los habitantes conocieran y sostuvieran las leyes de la república. Ese anhelo retomaba propósitos de la Ilustración –entre ellos, morigerar el afán de combatir la ociosidad y de formar buenos católicos– en el marco de una sociedad que todavía conservaba rasgos culturales propios de su pasado monárquico. Así, aunque tras la independencia el orden legal de castas coloniales fue suprimido, la noción de libertad de conciencia y la movilidad social no formaba parte del universo ideológico de los fundadores y gestores de aquellos establecimientos educativos. Dicho de otro modo, se trató de escuelas que, por lo común de hecho, pero en algunos casos de manera deliberada, buscaron legitimar el orden político y reafirmar las jerarquías del orden social. Sobre ese telón de fondo la obra de la escuela forjada por Domingo F Sarmiento (1811-1888) resultó revolucionaria. Podemos afirmar que la impronta que marcó su concepción de educación popular no giraba solamente en torno a la creación de las escuelas y la extensión de la educación. También estaba animado por una novedosa visión de la sociedad.

Al llegar Sarmiento, las escuelas ya existían y había maestros con ricas historias de enseñanza tanto en Buenos Aires como en otras provincias. El censo realizado en la primera en 1854 reveló que la mitad de las mujeres y de los varones censados sabían leer, una tasa muy alta para la época, y si bien en las restantes provincias los alfabetizados no superaban el 20%, no eran inexistentes. En ese contexto, la escuela sarmientina se erigió en generadora de cambios de impronta liberal y en promotora, vía la adquisición de nuevos saberes y la ampliación de los horizontes vitales de los alumnos, del cambio social. Este fue un aspecto clave de su programa, que podemos evaluar mejor hoy si lo comparamos con la educación durante la primera mitad del siglo XIX. CH

José Bustamante Vismara

Doctor en historia, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Investigador adjunto en el CEHIS, UNMDP-Conicet.
Docente auxiliar, UNMDP.
jovisma@hotmail.com

LECTURAS SUGERIDAS

BEN ALTABEFF N *et al.*, 2017, *La conformación del sistema educativo en Tucumán*, Imago Mundi, Buenos Aires.

BUSTAMANTE VISMARA J, 2017, 'Construcción estatal y desarrollo escolar (Córdoba, Buenos Aires y Entre Ríos, 1820-1850)', en AAVV, *Historia de la Educación. Anuario*, 17, 1: 50-71.

CHIARAMONTE J, 1997, *Ciudad, provincias, Estados: orígenes de la Nación Argentina (1800-1846)*, Ariel, Buenos Aires.

ENDREK E, 1994, *Escuela, sociedad y finanzas en una autonomía provincial: Córdoba, 1820-1829*, Junta Provincial de Historia de Córdoba.

HALPERÍN DONGHI T, 1972, *Revolución y guerra. Formación de una elite dirigente en la argentina criolla*, Siglo XXI, Buenos Aires.

MARTÍNEZ BOOM A y BUSTAMANTE VISMARA J (eds.), 2014, *Escuela pública y maestro en América Latina. Historias de un acontecimiento*, Prometeo, Buenos Aires.

NEWLAND C, 1992, *Buenos Aires no es pampa: la educación elemental porteña 1820-1860*, Grupo Editor Latinoamericano, Buenos Aires.

¿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

Instrucciones para autores

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

SECCIONES DE LA REVISTA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CÓMO ENVIAR UNA COLABORACIÓN

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

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

RECOMENDACIONES

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

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

ILUSTRACIONES

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

POLÍTICA EDITORIAL

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

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

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

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

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

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

Armadillos

Armadillos, osos hormigueros, osos meleros y perezosos son los únicos mamíferos originarios de lo que hoy es Sudamérica. Reciben como grupo el nombre *xenartros* (*Xenarthra*) y se distinguen por una serie de articulaciones suplementarias en la columna vertebral, en las últimas vértebras torácicas y en las lumbares, de las que carece el resto de los mamíferos. Tienen una ascendencia muy antigua, ya que el grupo data de hace por lo menos unos 60 millones de años, cifra que algunos investigadores llevan más lejos, al orden de los 100 millones de años atrás. En los tiempos en que aparecieron, lo que hoy es Sudamérica no tenía nexo con las restantes masas continentales del planeta.

Por esta razón, los xenartros evolucionaron de modo independiente de las faunas del resto del mundo, pero, cuando hace unos tres millones de años se formó el istmo de Panamá, cesó ese aislamiento y se produjo un importante flujo de fauna entre el norte y el sur del hemisferio americano. Los xenartros, sin embargo, se mantuvieron mayoritariamente en Sudamérica, salvo algunas especies de armadillos que se extendieron a Centro y Norteamérica.

Esta sección del presente número de Ciencia Hoy reúne dos artículos sobre armadillos, parcialmente escritos por los mismos autores: uno sobre las especies que habitan en la actual provincia de Buenos Aires y cómo cambios recientes en las formas de explotación agropecuaria las están afectando; y otro sobre un curioso caso de descubrimiento de una nueva especie de mulita en Salta y los engorros a que dieron lugar los intentos de clasificarla en el marco de la taxonomía zoológica.

Peludo. Foto Javier Villamil

Agustín M Abba
Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE), UNLP-Conicet
Emmanuel Zufiaurre
David N Bilenca
Instituto de Ecología, Genética y Evolución de Buenos Aires (IEGEBA), UBA-Conicet

Los armadillos de la provincia de Buenos Aires

Los armadillos se caracterizan por la armadura que les dio su nombre, una protección dorsal compuesta de escudos y bandas que los resguarda del entorno, en especial, de sus predadores. Los especialistas distinguen hoy unas veinte especies de armadillos –clasificadas en géneros como *Dasypus*, *Chaetophractus*, *Euphractus* y otros–, cuyos tamaños oscilan entre el de los diminutos pichiciegos (*Chlamyphorus truncatus* y *Calyptophractus retusus*), que no pesan más de unos 130g, y el de los formidables tatús carreta (*Priodontes maximus*), que pueden alcanzar los 60kg.

Esas veinte especies habitan ecosistemas muy diversos, entre otros, pastizales, montes y selvas. Algunas, como varias del género *Dasypus*, tienen una amplia distribución, la cual es máxima para la mulita de nueve bandas (*D. novemcinctus*), pues abarca desde el norte de la provincia de Buenos Aires a una considerable porción del sur de los Estados Unidos. Otras especies viven en un área reducida, como la mulita orejuda (*D. mazzai*), que habita en Salta y Jujuy, de la cual poco se sabe. Como los demás xenartros, los armadillos tienen baja temperatura corporal (en el rango de 32-35°C) e igualmente bajo metabolismo basal (gasto de energía por unidad de tiempo). Tienen patas cortas y robustas, pero muchos pueden correr rápido y hasta dar ágiles saltos. Son excelentes cavadores: casi todas las especies pasan gran parte del día en sus cuevas, en las que se refugian de predadores. En la época reproductiva, las madres protegen a las crías en nidos de pasto.

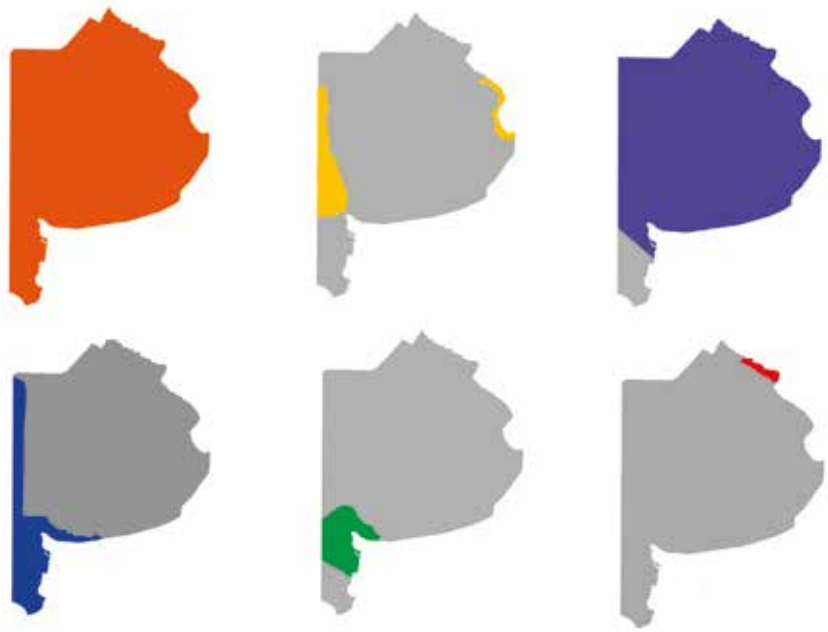
En un pasado no muy lejano, existieron armadillos mucho más grandes que el mencionado tatú carreta,

¿DE QUÉ SE TRATA?

Cómo los cambios de las formas de explotación agropecuaria de la llanura pampeana bonaerense dieron lugar a modificaciones del hábitat de la fauna silvestre, y cómo los armadillos que hoy habitan la provincia respondieron a esas alteraciones.

pues podían alcanzar un tamaño comparable con el de un auto pequeño, pero se extinguieron hace unos 8000 años. De ellos, en el territorio de la actual provincia de Buenos Aires vivieron –indicados de menor a mayor– los integrantes de los géneros *Eutatus* y *Propraopus*, comparables en tamaño con el tatú carreta; los pampaterios (género *Pampatherium*) de entre unos 95 y 300kg; los gliptodontes medianos del género *Neosclerocalyptus* con unos 250kg, y los gliptodontes gigantes, que pesaban entre 1000 y 2000kg, de los géneros *Glyptodon*, *Doedicurus*, *Lomaphorus*, *Panochthus* y *Neuryurus*.

Actualmente deambulan por áreas de esa provincia seis especies de armadillos: el peludo (*Chaetophractus villosus*), el piche llorón (*Chaetophractus vellerosus*), la mulita pampeana (*Dasypus hybridus*), el piche patagónico (*Zaedyus pichiy*), el pichiciego menor (*Chlamyphorus truncatus*) y la mulita de nueve bandas. Hasta alrededor de 1930 formaba parte de ese grupo el mataco o quirquincho bola (*Tolypeutes matacus*), una especie del ecosistema chaqueño que hoy no parece estar presente en latitudes más australes que el norte de San Luis. Algunos rasgos de las seis especies bonaerenses son:



Áreas de distribución de las seis especies de armadillos actuales de la provincia de Buenos Aires. De izquierda a derecha, arriba, peludo (*Chaetophractus villosus*), piche llorón (*Chaetophractus vellerosus*) y mulita pampeana (*Dasypus hybridus*); abajo, piche patagónico (*Zaedyus pichiy*), pichiciego menor (*Chlamyphorus truncatus*) y mulita de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*). Figura L Morote y AM Abba

- El peludo es el armadillo más común y abundante de la provincia. Se lo puede encontrar tanto en hábitats naturales como modificados, incluso en áreas periurbanas. Como casi todos los armadillos, su dieta es omnívora, pero a diferencia de otras incluye carroña, por lo cual es común verlo merodear ganado muerto. En promedio, un adulto pesa unos 3kg.
- Del piche llorón existen hoy dos poblaciones separadas, una en el oeste y otra en el este de la provincia, la segunda asociada con los cordones de conchilla costera del estuario del Plata. La especie prefiere suelos sueltos y arenosos, y es la única que, ante una amenaza, emite gritos similares al llanto de un niño. Su peso medio ronda los 800g.
- La mulita pampeana es típica de los ambientes de pastizal y vive en toda la provincia, excepto su porción sur. Entre sus características distintivas está la *poliembrionía*, un fenómeno –explicado en un artículo anterior de esta revista (Solari A *et al.*, 'La poliembrionía en mamíferos', Ciencia Hoy, 25, 150: 49-53, 2016)–, por el cual las hembras gestan crías genéticamente idénticas que provienen de un único óvulo fecundado, como sucede con los gemelos monocigóticos humanos. Esta mulita puede parir entre seis y doce crías (aunque solo posee cuatro mamas), mientras el resto de los xenartros comúnmente tiene entre una y cuatro crías. Su peso promedio es de unos 2kg.
- El piche patagónico no es muy típico del pastizal pampeano: se lo encuentra con mayor frecuencia en las ecorregiones del espinal, del monte y de la estepa patagónica, pero de todos modos está hoy presente en el oeste y el sur del territorio bonaerense, y en un pasado no muy lejano, hacia 1950, en tiempos de menos lluvia, llegó a casi el centro este de la provincia, por ejemplo, al partido de General Madariaga. Una de sus características notables es su capacidad de hibernar, un estado metabólico complejo que le permitiría sortear períodos desfavorables, como los de baja temperatura o escaso alimento. Muy posiblemente el resto de los armadillos también tenga esa capacidad, pero hasta ahora la cuestión no se ha estudiado. Su peso promedio es de unos 900g.
- El pichiciego menor está presente en zonas medanosas de una pequeña área en el sudoeste de la provincia. Vive bajo tierra y posiblemente solo emerja en contados momentos de su vida. Por esto y por su pequeño tamaño (unos 15cm de largo y alrededor de 100g de peso), es muy poco conocido. Por su forma recuerda a los topos, mamíferos de vida subterránea propios de Norteamérica y Eurasia. A di-

El Pleistoceno es la época geológica que se extiende entre unos 2,6 millones y unos 12.000 años antes del presente. Durante ese lapso se produjeron importantes glaciaciones en todo el mundo, las que, aunque no cubrieron el territorio de lo que hoy conocemos como provincia de Buenos Aires, ciertamente condicionaron su clima, más frío y seco que el actual, y dieron lugar a la formación de ambientes naturales más áridos que los de hoy. En ellos habitó una diversidad de armadillos de tamaños mucho mayores que los presentes, en algunos casos verdaderamente descomunales, como eran los gliptodontes.

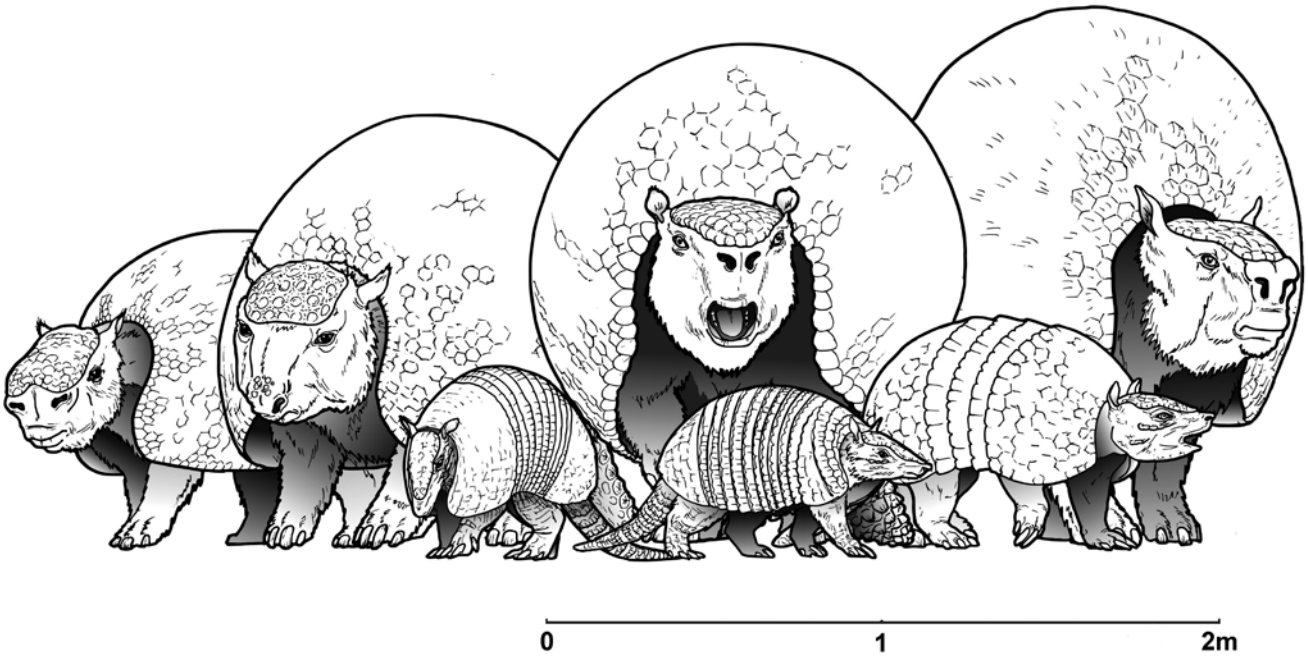
Posiblemente el más semejante a alguna de las especies actuales fue *Propraopus grandis*, el integrante más voluminoso del linaje de las mulitas –el actual género *Dasypus*–, que pudo haber pesado unos 50kg, un tamaño solo alcanzado hoy por el tatú carreta. Su aparato masticatorio semejante al de las mulitas le habría permitido ser omnívoro, con tendencia al carroñeo.

De tamaño similar era *Eutatus seguini*, perteneciente a un grupo hoy extinguido que tenía grandes aberturas en las placas de sus corazas, de las que habrían emergido penachos de pelos que cubrían en gran medida su caparazón. Sus dientes lobulados y con crestas sugieren una dieta herbívora y hábitos de ramoneo, es decir, de seleccionar ciertas plantas o sus partes más nutritivas.

De mayor tamaño era *Pampatherium typum*, también miembro de otro grupo desaparecido, el de los pampaterios, cuyos adultos podrían haber llegado a los 100kg. Por el esqueleto de sus brazos no parece haber sido muy apto para cavar, pero no se puede descartar que lo haya hecho. Sus quijadas mucho más robustas que las de los anteriores y sus dientes lobulados llevan a pensar que se habría alimentado pastando, lo cual requiere un considerable esfuerzo de masticación.

Los más llamativos armadillos extinguidos fueron los gliptodontes, cuyos tamaños iban desde los 300kg que pesaba *Neosclerocalyptus ornatus*, hasta más de una tonelada alcanzada por las especies del género *Glyptodon*, por *Doedicurus clavicaudatus* y por *Panochthus tuberculatus*. Su coraza carecía de las bandas móviles, y las placas de su cola formaban anillos (*Glyptodon*) o se fusionaban formando un tubo (*Panochtus*). En algunos casos la cola remataba en engrosamiento con púas al estilo de un arma medieval (*Doedicurus*). Las vértebras de los gliptodontes estaban fusionadas por bloques, lo que restringía en gran medida su movimiento. No parecen haber sido cavadores y sus restos llevan a concluir que su aparato masticatorio, con dientes lobulados, crestas de dentina dura y corona alta, habría estado adaptado al pastoreo, aunque por su hocico más angosto se puede pensar que las especies de *Glyptodon* podrían haberse alimentado por ramoneo.

Sergio F Vizcaíno
Museo de La Plata



Interpretación del paleontólogo Néstor Toledo, del Museo de La Plata, del aspecto de varias especies de armadillos gigantes que habitaron el actual territorio bonaerense en el Pleistoceno. De izquierda a derecha, arriba, *Neosclerocalyptus, Panochthus, Glyptodon, Doedicurus*; abajo, *Propraopus, Eutatus, Pampatherium.*

ferencia del resto de los armadillos, los pichiciegos no tienen la coraza completamente adherida al dorso sino solo conectada con este por un delgado pliegue longitudinal de piel a lo largo de su línea media. Su corta cola termina en forma de espátula triangular.

- La mulita de nueve bandas no se conocía hasta hace poco en la provincia, pero a partir de 2008 se empezaron a registrar poblaciones en la zona del delta. Es, por lo tanto, la última especie de armadillo que llegó naturalmente a Buenos Aires. Igual que la mulita pampeana, se distingue por la poliembrionía, pero siempre alumbra cuatro crías. Tiene gran interés para la investigación biomédica, ya que contrae lepra y otras enfermedades humanas, por lo cual resulta utilizada como modelo animal de laboratorio en distintas partes del mundo. En promedio, un adulto pesa unos 4kg.

Piche llorón. Foto Pablo Grilli

El futuro de los armadillos bonaerenses

En las últimas tres décadas se produjeron marcados cambios en el medio rural bonaerense, los cuales, en realidad, continuaron y aceleraron la tendencia iniciada hace cinco siglos con el arribo de los españoles. Dichos cambios fueron modificando el ecosistema del pastizal pampeano al ritmo de una sucesión de modalidades distintas de explotación agropecuaria. En los últimos tiempos, esos cambios estuvieron signados por el incremento del cultivo de soja y por distintas formas de rotación, según la zona de la provincia, de esa oleaginosa con cereales como trigo o cebada, y con forrajeras para ganadería. Se produjo, además, una revolución en la forma de labranza con el reemplazo de la roturación por la siembra directa, posibilitada por las variedades de soja transgénica resistentes a los herbicidas.

Los armadillos no fueron ajenos a estos cambios, como lo constatamos los autores y otros integrantes de nuestro grupo investigación en los relevamientos de

Mulita pampeana. Foto Daniel Acosta

Piche patagónico. Foto Alain Gourichon

Mulita de nueve bandas. Foto Belén Etchegaray

campo. Las evidencias que recogimos indican que tanto el peludo como la mulita pampeana están modificando su patrón de uso del hábitat. Al parecer, los primeros se han visto favorecidos y están más activos en lotes agrícolas, en especial en rastrojos de soja, pues parecen seleccionar terrenos con menor altura de la vegetación, que les permitirían desplazarse con más facilidad y escapar mejor de predadores como perros domésticos y seres humanos. Al mismo tiempo, los lotes que no se araron por años tienen suelos menos perturbados, lo que significa mayor abundancia y diversidad de artrópodos y otros invertebrados de los que se alimenta el omnívoro peludo.

Por lo tanto, si aumenta la superficie sembrada con soja, es de esperar que las poblaciones de peludo continúen incrementándose. Pero una mayor abundancia de peludos tiene consecuencias: por ejemplo, se han convertido en los mayores causantes de roturas de silos bolsa, unos dispositivos de almacenamiento temporario de granos muy empleados en la región. Ello hace necesario pensar en formas de mitigar esos perjuicios que no sean ambientalmente nocivas, por caso, ubicar mejor los silos bolsa en el terreno y obstaculizar el acceso de los peludos, cuestiones que los autores estamos estudiando.

Contrariamente, la mulita pampeana está menos presente en campos agrícolas que en ganaderos, y en estos elige los pastizales naturales a las praderas implantadas, y las áreas con más vegetación y plantas más altas. De ello se deduce que en principio el uso ganadero no la afectaría mayormente, salvo en la medida en que se extiendan las pasturas sembradas, por ejemplo, los alfalfares, que es la práctica habitual para incrementar el rendimiento ganadero.

En otras palabras, la mulita pampeana exhibiría por las praderas sembradas similar rechazo al mostrado por los campos de agricultura, y en ambos tipos de lotes se vería perjudicada por la acción humana, por ejemplo, por el uso de insecticidas, que disminuyen la abundancia de hormigas, uno de los principales componentes de su dieta. En forma concordante, hemos advertido que la abundancia de la mulita pampeana aumenta en campos más alejados de los centros urbanos, y que disminuye con mayor abundancia de perros. Todo esto produjo una declinación de sus poblaciones, las que habrían disminuido entre 20 y 25% en la última década. Ello hace pensar en la conveniencia de recurrir a medidas de conservación de la especie, como manejos ganaderos que disminuyan la alteración de los rasgos del hábitat que más las afectan, fiscalización de su caza y tenencia responsable de perros.

En el caso del piche llorón, se presentan dudas sobre el futuro de la población del oriente bonaerense asociada con los depósitos ribereños de conchilla. La principal

amenaza para su supervivencia es, precisamente, la extracción comercial de conchilla, pero tampoco están libres de las consecuencias de la actividad agropecuaria y de la acción de los perros.

No existe demasiada información como para especular sobre el futuro en la provincia del piche patagónico y del pichiciego. En cambio, se puede esperar que el área poblada por la mulita de nueve bandas continúe en expansión. Si se examinan sus antecedentes se advierte que, en menos de doscientos años, se afincó en un área enorme de los Estados Unidos, que cubre por lo menos los estados completos de Texas, Oklahoma, Kansas, Arkansas, Tennessee, Luisiana, Misisipi, Alabama, Georgia y Florida. Se espera que esa distribución se siga extendiendo, debido a factores como su dieta omnívora, su destreza excavadora y su traslado por personas en forma intencionada o accidental. Similares factores están presentes en la provincia de Buenos Aires, por lo que se puede esperar similar resultado.

Pichiciego menor. Foto Mariella Superina

Estaremos atentos y expectantes al futuro de esta especie, como también de los restantes armadillos que, a pesar de todo, siguen acompañándonos. CH

LECTURAS SUGERIDAS

PARERA A, 2002, *Los mamíferos de la Argentina y la región austral de Sudamérica*, El Ateneo, Buenos Aires.

FARIÑA RA y VIZCAÍNO SF, 2018, *Hace solo diez mil años*, Fin de siglo, Montevideo, accesible en *https://www.findesiglo.com.uy/hace-solo-diez-mil-anos-descarga-gratuita/*.

BILENCA DN *et al.*, 2017, 'De venados, armadillos y coipos: respuestas de mamíferos al uso del suelo, los manejos agropecuarios y la presencia de nuevos elementos en el paisaje rural', *Mastozoología neotropical*, 24: 277-287, accesible en *https://www.sarem.org.ar/wp-content/uploads/2018/01/SAREM_MastNeotrop_24-2_03-Bilenca.pdf.*

ABBA AM *et al.*, 'Distribución de tres especies de armadillos en la región pampeana comprendida en la provincia de Buenos Aires', *Mastozoología Neotropical*, 22: 359-365, accesible *http://www.sarem.org.ar/wp-content/uploads/2014/12/ SAREM_MastNeotrop_21-2_10_Abba.pdf.*

Agustín M Abba

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador adjunto en el CEPAVE, UNLP-Conicet.
Jefe de trabajos prácticos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
abbaam@yahoo.com.ar

Emmanuel Zufiaurre

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Becario posdoctoral en el IEGEBA, UBA-Conicet.
emmanuelzufiaurre@gmail.com

David N Bilenca

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador principal en el IEGEBA, UBA-Conicet.
Profesor adjunto, Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, FCEN, UBA.

Sergio F Vizcaíno

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador principal del Conicet
Profesor titular, FCNyM, UNLP
vizcaino@fcnym.unlp.edu.ar

Susana V García
Agustín M Abba
Sergio F Vizcaíno
Guillermo H Cassini
Juan I Túnez

La mulita de Mazza

Hoy el nombre de armadillo se refiere a un conjunto de unas veinte especies de mamíferos placentarios conocidos localmente como peludo, mulita, tatú, pichi, quirquincho, mataco y otros nombres. La designación alude al hecho de que su cuerpo está cubierto dorsalmente por una coraza ósea, la que, por su semejanza con la armadura usada para proteger a caballos militares del siglo XVI, inspiró el nombre a los cronistas españoles. Desde el siglo XIX, los restos fósiles y las especies vivientes de armadillos atrajeron la atención de los naturalistas europeos y americanos, quienes los consideraron un peculiar conjunto de mamíferos primitivos.

En el siglo XX, el interés científico por ellos se extendió a las particularidades del desarrollo embrionario de algunos, en los que es común la poliembrionía, por la cual las hembras gestan crías genéticamente idénticas que provienen de un único óvulo fecundado, como sucede con los gemelos monocigóticos humanos. Ese interés también se fortaleció con el descubrimiento de que comparten enfermedades con el ser humano, entre ellas, la lepra y el mal de Chagas, las que luego se extendieron a otras como brucelosis, leptospirosis, toxoplasmosis, triquinosis, leishmaniasis y giardiasis.

La enfermedad de Chagas o tripanosomiasis americana es endémica de América y se origina en una infección por el parásito *Trypanosoma cruzi*. Su descubrimiento e investigaciones iniciales se deben al médico brasileño Carlos Chagas (1879-1934), quien desde 1909 comenzó a publicar sobre el ciclo de vida del tripanosoma, sus *vectores* o insectos que los transmiten, vulgarmente llamados vinchucas (*Triatoma infestans*), y los síntomas de la dolencia en humanos.

Chagas también buscó identificar animales silvestres que serían reservorios naturales del parásito. En 1912 concluyó que un armadillo conocido por tatú en el Brasil y mulita grande o de nueve bandas en la Argentina

¿DE QUÉ SE TRATA?

Una importante colaboración entre epidemiólogos y zoólogos planteó dudas sobre la taxonomía de las mulitas que solo despejó la reciente genética molecular.

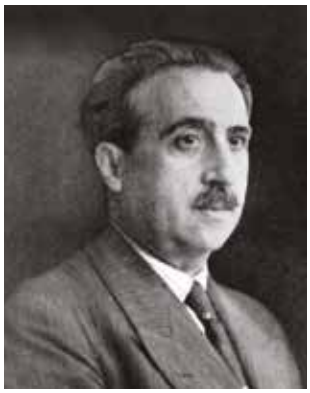
(*Dasypus novemcinctus*) era un hospedador natural y antiguo de ese parásito. Desde mediados de la década de 1920, esas investigaciones fueron ampliadas en la Argentina por el médico Salvador Mazza (1886-1946) y sus colaboradores, quienes detectaron la presencia de *T. cruzi* en diferentes especies de armadillo y algunos otros mamíferos silvestres, como murciélagos y comadrejas, y también en animales domésticos como perros y gatos.

Mazza insistía en conocer la exacta identidad zoológica de los animales silvestres que eran hospedadores naturales de organismos causantes de enfermedades infecciosas humanas, entre otras razones porque podían transportar los parásitos a grandes distancias y causar la aparición de las enfermedades en sitios aislados, prácticamente despoblados o a los que llegaban personas por primera vez. Ello también ayudaría a entender la historia evolutiva de esas patologías.

Mazza, nacido en la localidad bonaerense de Rauch de padres sicilianos, egresó como médico de la Universidad de Buenos Aires en 1903 y se inclinó por la microbiología y la salud pública. Esto lo llevó varias veces a Europa, donde conoció a Chagas y sus investigaciones. Inició las suyas sobre la enfermedad descubierta por el brasileño cuando en estas tierras se cuestionaba la identidad de la dolencia. Comprobó la presencia de personas infectadas por el tripanosoma en el norte argentino y contribuyó a identificar los síntomas clínicos visibles de la infección. Asimismo, articuló una amplia red de colaboradores formada por médicos de dicha región, varios radicados en zonas rurales.

En 1926, la UBA organizó una misión de estudios de patología regional en el noroeste, con la dirección de Mazza, quien se radicó en Jujuy y promovió allí la fundación de la Sociedad Argentina de Patología Regional del Norte, con filiales en otras provincias. En 1929 instaló en dicha capital de provincia el laboratorio central de la misión, que contó con instalaciones móviles en un vagón de ferrocarril. Y por entonces comprobó en la zona, por primera vez fuera del Brasil, la existencia de armadillos infectados por *T. cruzi*.

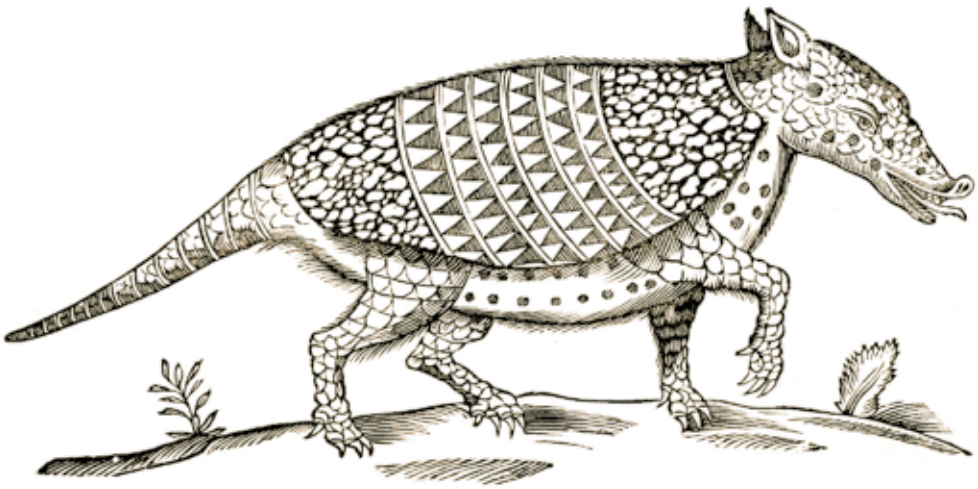
Salvador Mazza hacia 1930. Fotógrafo no identificado



José Yepes hacia 1950. Fotógrafo no identificado

Otra iniciativa de Mazza y de la misión fue estimular los estudios zoológicos y zoogeográficos relevantes para la sanidad regional, lo que dio inicio a una larga cooperación con el entonces Museo Nacional de Historia Natural (hoy Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia), en especial con su sección de mastozoología dirigida desde 1928 por el zoólogo José Yepes (1897-1976), nacido en Valladolid, emigrado a la Argentina en 1913 y doctorado en ciencias naturales en la UBA en 1927.

Durante la década de 1930, Yepes y sus colaboradores procuraron determinar qué animales silvestres podían estar relacionados con la propagación de enfermedades



Un armadillo en la visión de un destacado naturalista europeo del siglo XVII, Ulises Aldrovandi (1522-1605). Lámina de su libro póstumo *De quadrupedib' digitatis viviparis*, Bolonia, 1663. Linda Hall Library, Kansas City MO.

humanas, tema también del interés del Instituto Bacteriológico y del Departamento Nacional de Higiene. En los inicios de esa década aparecieron casos de peste bubónica en los territorios nacionales de La Pampa y Río Negro, en zonas rurales donde no se detectaron ratas europeas (*Rattus norvegicus*), el vector habitual de la enfermedad, sino cuises infectados, y se sospechó que también podían estarlo los tuco-tucos y las vizcachas.

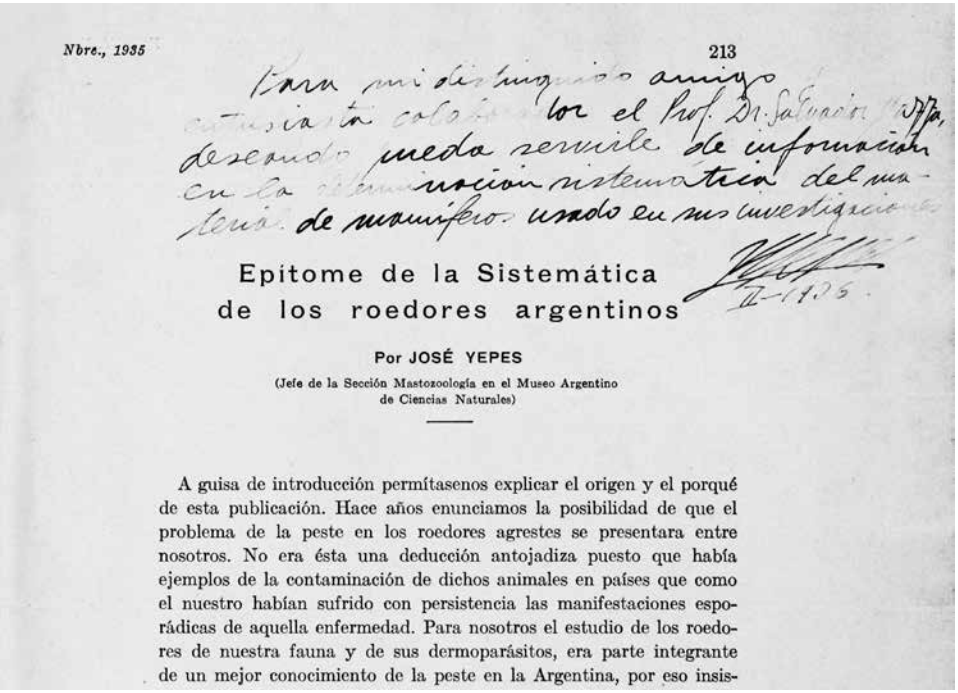
Mulita de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*). Foto Wekiva Wilderness Trust

Las investigaciones sobre esta peste en los roedores silvestres requirieron la identificación taxonómica de los animales infectados y de sus parásitos, así como su relación con la infección humana. Esto incentivó las consultas sobre la identidad específica de esos animales y la formación de colecciones y bioterios tanto para estudios clínicos como para investigaciones zoológicas.

De forma similar, los científicos del museo trabajaron en la clasificación de los especímenes enviados por Mazza, y en la preparación de ejemplares para exhibición y para integrar una colección de animales regionales de la misión de la UBA, organizada por la esposa de Mazza, Clorinda Brígida Razori, quien también ayudaba a mantener un pequeño zoológico y era activa participante de las investigaciones de su marido.

La colaboración del zoólogo del museo con el médico activo en Jujuy se mantuvo por dieciséis años, hasta la muerte de Mazza en 1946. Este envió al museo cientos de especímenes de mamíferos, aves, reptiles e insectos, de Jujuy y de las distintas regiones que visitaba, o que le hacían llegar otros médicos y colaboradores. Así, en las colecciones del museo están registrados cerca de 750 ejemplares de mamíferos remitidos por el médico, de los cuales 333 son armadillos, una parte de los cientos de especímenes examinados por el equipo de Mazza.

Entre el material que recibió en 1931, Yepes encontró un armadillo que consideró conveniente clasificar como una especie nueva de mulita. Como en la nomenclatura científica los armadillos comúnmente conoci-



Nbre., 1935 213

Para mi distinguido amigo entusiasta colaborador el Prof. Dr. Salvador Mazza, deseando pueda servirle de información en la determinación sistemática del material de mamíferos usado en sus investigaciones

II-1935

Epitome de la Sistemática de los roedores argentinos

Por JOSÉ YEPES

(Jefe de la Sección Mastozoología en el Museo Argentino de Ciencias Naturales)

A guisa de introducción permítasenos explicar el origen y el porqué de esta publicación. Hace años enunciamos la posibilidad de que el problema de la peste en los roedores agrestes se presentara entre nosotros. No era ésta una deducción antojadiza puesto que había ejemplos de la contaminación de dichos animales en países que como el nuestro habían sufrido con persistencia las manifestaciones esporádicas de aquella enfermedad. Para nosotros el estudio de los roedores de nuestra fauna y de sus dermoparásitos, era parte integrante de un mejor conocimiento de la peste en la Argentina, por eso insis-

Encabezamiento de una publicación de José Yepes (*Revista del Instituto Bacteriológico*, Departamento Nacional de Higiene, VII, 2: 213-268, 1935) con dedicatoria manuscrita del autor a Salvador Mazza. Biblioteca del MACN

dos por mulitas pertenecen al género *Dasypus*, tomó ese nombre genérico y eligió el específico en honor a su colaborador: *Dasypus mazzai*. Sin embargo, poco después la existencia de esa especie fue cuestionada.

Desde los tiempos mismos de Lineo, en el siglo XVIII, cuando se adoptó la nomenclatura binomial, los armadillos recibieron numerosas denominaciones taxonómicas y generaron virtualmente tantas sinonimias científicas como las hay vulgares en distintas regiones. Con el establecimiento del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica a principios del siglo XX, se buscó eliminar esa proliferación de nombres científicos y la confusión creada, lo que aún no se logró enteramente.

Así, desde los tiempos de Mazza existen dudas sobre cuántas y cuáles son las especies de armadillos del noroeste argentino. Uno de los puntos oscuros es si *Dasypus mazzai*, la especie descripta por Yepes para clasificar un material enviado por Mazza, tiene efectivamente identidad específica. El hallazgo, publicado en 1933, se basó en el estudio morfológico de dos ejemplares capturados en la localidad de Tabacal, en el departamento salteño de Orán, y su comparación con ejemplares de otras especies conocidas de mulitas. Yepes también bosquejó su posible distribución geográfica: desde esa localidad hacia la parte norte de Santiago del Estero y el chaco santafesino. De estas últimas zonas no examinó ejemplares, pero se guió por los comentarios de amigos, coleccionistas y antiguos informes de viaje.

En 1939, el científico norteamericano George WD Hamlett (*Journal of Mammalogy*, 20, 3) interpretó que uno de los ejemplares utilizados por Yepes para describir a este taxón era un espécimen juvenil de mulita de nueve bandas (Tipo MACN-Ma 31.273), pero reconoció que el otro ejemplar podía ser una nueva especie (Paratipo MACN-Ma 13.222). A la luz de esto, el nombre de *D. mazzai* quedó desde entonces, para algunos investigadores, como sinónimo de *D. novemcinctus*.

En la década de 1990, uno de los autores de este artículo (Vizcaíno) volvió sobre el tema con recolecciones adicionales de ejemplares en las provincias de Salta y Jujuy. Concluyó que esos nuevos ejemplares colectados, que se incorporaron a las colecciones del Museo de La Plata, proporcionan evidencias que justifican hablar de una nueva especie, endémica del noroeste de la Argentina. Pero, por los acuerdos internacionales que rigen la nomenclatura de las especies, esa nueva especie no podía designarse como *D. mazzai*, ya que dicho nombre estaba indisolublemente vinculado con el ejemplar seleccionado como tipo por Yepes, por lo cual dedicó a este el nuevo nombre científico y llamó a la especie *Dasypus yepesi*.

En los últimos cinco años, sin embargo, basándose en revisiones de la evidencia morfológica, los zoólogos brasileños Anderson Feijó y Pedro Cordeiro-Estrela, de la Universidad Federal de Paraíba, cuestionaron que el mencionado ejemplar tipo de *D. mazzai* guardado en el museo y analizado por Yepes fuera una forma juvenil de la mulita de nueve bandas y volvieron a sugerir la posibilidad de que se tratase de una especie distintiva del norte argentino, indistinguible de *D. yepesi*. De ser así, habría que volver al nombre dado por Yepes en 1933 en detrimento del más reciente *Dasypus yepesi*.

Para tratar de resolver este enigma, los autores de esta nota recurrimos a herramientas que proporciona la genética molecular. Por un lado, extrajimos ADN de hueso y de músculo del ejemplar archivado como

Tres vistas de uno de los ejemplares de la mulita de Mazza (*Dasypus mazzai*) catalogado como MACN-Ma 31.273 en el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. La barra que da la escala representa 30cm.

MACN-Ma 31.273. Asimismo, analizamos los mencionados ejemplares de la colección del Museo de La Plata, muestras antiguas del norte de Santa Fe y del Chaco, muestras actuales de Formosa y Corrientes, y secuencias de genomas de otras especies del género *Dasypus* publicadas en GenBank (una base de datos de acceso libre de secuencias genéticas).

Estos análisis genéticos confirmaron que secuencias del ADN del ejemplar catalogado como MACN-Ma 31.273 y de una mulita del norte de Santa Fe presentan completa similitud con la secuencia de los especímenes de *D. yepesi* conservados en el Museo de La Plata. En consecuencia, se revalidó el nombre científico de *D. mazzai* para esa mulita de las provincias de Salta y Jujuy, y se estableció por ahora que el límite oriental conocido de su distribución se encuentra en la región chaqueña. En adición, se han hecho observaciones de especímenes potencialmente asignables a *D. mazzai* en los parques nacionales Calilegua y El Rey, y en sus alrededores. Los estudios siguen, pero puede pensarse que, con lo anterior, el nombre *Dasypus yepesi*, como no es la primera vez que sucede, perdió vigencia y quedó relegado al desván de la historia.

De cualquier forma, la realidad es que tenemos muy poca información acerca de esta mulita, que según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza corresponde clasificar entre los organismos de los que se tienen datos insuficientes para establecer si su población está en riesgo. Por el momento la consideramos endémica de la Argentina, de áreas de la selva de las yungas y del monte chaqueño, pero muy posiblemente también se encuentre en ambientes similares del Paraguay y de Bolivia. Sería un animal de unos 2-3kg de peso, solitario, de dieta omnívora, que posiblemente presente la poliembrionía característica del género. Se requiere realizar más trabajo de campo para establecer el estado de sus poblaciones, la distribución geográfica de estas, sus hábitos, su comportamiento, y los parásitos y las enfermedades que porta, como pregonaba Mazza hace más de ochenta años. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ABBA AM *et al.*, 2018, 'The enigma of the Yepes' armadillo. *Dasypus mazzai, D. novemcinctus* or *D. yepesi?*', *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, 20, 1: 83-90, accesible en *http://revista.macn.gob.ar/ojs/index.php/ RevMus/article/view/578/488.*

CASSINI GH y TETA P, 2018, 'Morfología, taxonomía y zoogeografía de mamíferos argentinos: homenaje a José Yepes', *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, nueva serie, 20, 1: 67-70, accesible en *http://revista.macn.gob.ar/ojs/ index.php/RevMus/article/view/585/487.*

GARCÍA SV, 2018, 'La trayectoria del zoólogo José Yepes: colecciones, viajes y zoogeografía en las décadas de 1930 y 1940', *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, 20, 1: 71-81, accesible en *http://revista.macn.gob.ar/ojs/ index.php/ RevMus/article/view/579/489.*

PODGORNY I, 2012, 'Los conejos de calabaza', accesible en *naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/ repositorio/documentos/sipcyt/bfa004253.pdf.*

ZABALA JP, 2010, *La enfermedad de Chagas en la Argentina. Investigación científica, problemas sociales y políticas sanitarias*, Editorial Universidad Nacional de Quilmes, Bernal.

Susana V García

Doctora en ciencias naturales, UNLP.
Investigadora adjunta del Conicet en la FCNyM, UNLP.
garcia_su@yahoo.com.ar

Guillermo H Cassini

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador asistente en el MACN, Conicet.
gcassini@macn.gov.ar

Juan I Túnez

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador adjunto en el Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable, Universidad Nacional de Luján-Conicet.
nacho_tunez@yahoo.com.ar

Ir a la última página del artículo anterior para ver los datos y fotografías de los restantes autores.

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!

SUSCRIBITE A

CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

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

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

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