

CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 31 número 182 octubre - noviembre 2022

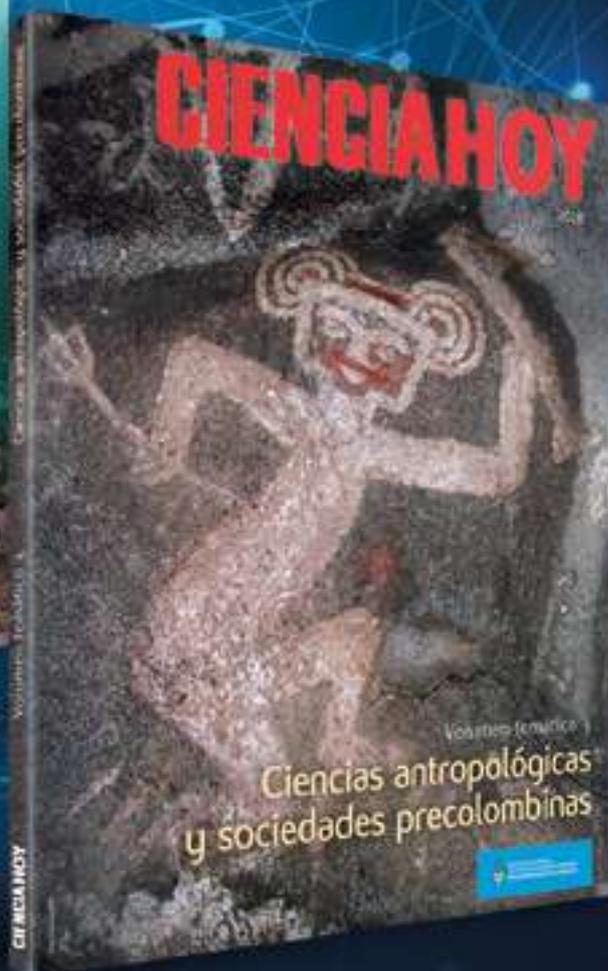
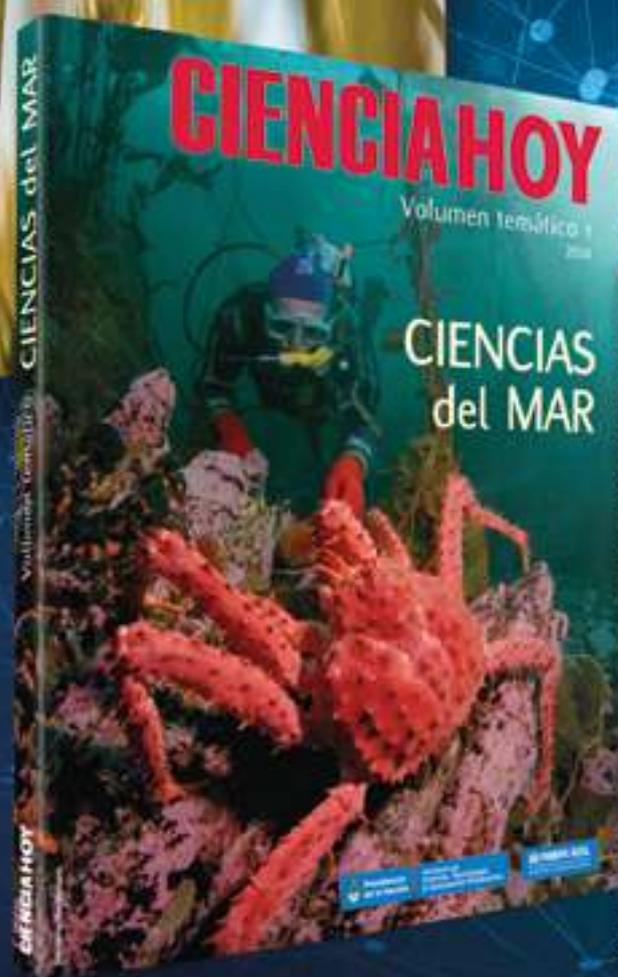
www.cienciahoy.org.ar

La guerra en la Edad Media

Romero Brest y su laboratorio de fisiología
Matemática y geografía: una historia compartida
El Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones
Bestiario: de perros y lobos
Premios Nobel 2022



CIENCIA HOY CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS



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

 @CienciaHoyOK  RevistaCienciaHoy  (+54 911) 4029 6033

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Aníbal Gattone

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

Sede: Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5° A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel.: (011) 4029 6033

Correo electrónico: contacto@cienciahoymag.org.ar

cienciahoymag.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 Básicas, Universidad Nacional de Luján. 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

Universidad Nacional de San Martín

Karina V Mariño

Instituto de Biología y Medicina Experimental-Conicet

Mariano I Martínez

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia-Conicet

Santiago Francisco Peña

Departamento de Humanidades y Artes, UNIPE-Conicet

Roberto R Pujana

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia-Conicet

Julia Rubione

Instituto de Investigaciones en Medicina Traslacional. Universidad Austral-Conicet

Consejo científico

José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), José Carlos Chiamonte (Instituto Ravnani, 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), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP) y Fidel Schaposnik (Departamento de Física, FCE, UNLP)

Secretaría del comité editorial

Paula Blanco

Representante en Bariloche

Andrea Bellver (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche); Av. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400) San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro

Suscripción digital

ARGENTINA:

Por un año, \$4250

Por dos años, \$7000

EXTRANJERO

Por un año, US\$ 14

Por dos años, US\$ 23

cienciahoymag.org.ar/suscripcion/

Diseño y realización editorial

Estudio Massolo
Guatemala 4627, 6° C (C1425AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Correo electrónico: estudiomassolo@gmail.com

Corrección

Mónica Urrestarazu

COMISIÓN DIRECTIVA

Omar Coso (presidente), María Semmartin (vicepresidente), Aníbal Gattone (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), Diego Golombek (prosecretario), Hilda Sabato, Cecilia Kunert, Galo Soler Illia y Karina Mariño (vocales).

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.

ISSN 0327-1218

N° de registro DNDA: en trámite

Sumario



Octubre - noviembre 2022

Volumen 31 - número 182

A MODO DE EDITORIAL

4 Sobre las artes de curar en la Argentina moderna

Diego Armus

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

8 Volumen 7, número 40 - 1997

10 Grageas

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET

12 Ciencia en tu vida

BESTIARIO

16 La loba como protagonista de una canción de cuna latinoamericana: un texto de Juana de Ibarbourou y una mirada acerca de la animalidad

Fernando Copello

Este artículo reconstruye la obra *Las canciones de Natacha*, destinadas a la hija de Pedro Henríquez Ureña, de la poeta uruguaya Juana de Ibarbourou, quien abandonaba las influencias del simbolismo para dedicarse a una poesía de lo íntimo y de lo cotidiano. Allí encontramos una representación de la loba como alegoría de la maternidad y la libertad.

BESTIARIO

22 Los cánidos de América del Sur: invasiones, fósiles y extinciones

Francisco Juan Prevosti

Los restos fósiles de los cánidos de América del Sur muestran que su diversidad morfológica y ecológica fue mayor en el pasado, cuando grandes cánidos carnívoros y cazadores habitaban este continente. Las formas actuales y las extinguidas brindan información para dilucidar su origen y relaciones con los cánidos de otras regiones.

ARTÍCULO

29 Romero Brest y su laboratorio de fisiología: las mediciones corporales en la génesis de la educación física en la Argentina

Alfredo San Martín

En las primeras décadas del siglo XX, Enrique Romero Brest logró imponer, ante otras propuestas de neto corte militar, un enfoque anatomofisiológico a la nascente disciplina de la educación física en el precoz sistema educativo argentino. Para ello apeló a distintos recursos; uno de ellos, el trabajo en el Laboratorio de Fisiología, que le permitió tanto generar como legitimar conocimiento.

ARTÍCULO

35 La naturaleza de la guerra en la Edad Media

Alfonso Hernández Rodríguez

En cuanto fenómeno normal en la historia humana, la guerra ha evolucionado de manera concomitante a las sociedades. Desde que tenemos registros escritos, desde que podemos estudiar la historia con fuentes textuales, encontramos la violencia organizada entre sociedades humanas en función de objetivos de distinto tipo. Por supuesto, como todo otro fenómeno humano, recurrente en la historia, hay muchas guerras: desde enfrentamientos altamente ritualizados con poca violencia real y escasos muertos hasta los conflictos modernos de alta intensidad, cuyas bajas podrían ser medidas en *megadeaths* y son el producto de la modernidad y el 'progreso' científico tecnológico. La guerra medieval tiene su propia historia.

ARTÍCULO

41 El Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones ¿qué es?, ¿para qué sirve?

Gabriela Aurelio, Astrid Bengtsson y Karina Pierpauli

Con la puesta en marcha de su nuevo reactor multipropósito, el RA-10, la CNEA habilitará un nuevo centro de investigación que usará los neutrones producidos por el reactor para estudiar la materia con técnicas basadas en estas partículas. Enterate de qué se trata.

OPINIÓN

46 Matemática y geografía: una historia compartida Parte 1: un poco de historia

Pablo Miguel Jacovkis

En ocasión de su admisión a la Academia Nacional de Geografía como académico titular, en 2022, Pablo Jacovkis ofreció una disertación sobre la interrelación entre ambas disciplinas. CIENCIA HOY decidió publicarlas en cuatro partes de lectura independiente.

CIENCIA EN EL MUNDO

49 Los premios Nobel 2022

ILUSIONES Y JUEGOS MATEMÁTICOS

61 Crossfit cerebral N.º 14

Sobre las artes de curar en la Argentina moderna

El premio Nobel significa uno de los más altos reconocimientos a la labor científica. En este número de CIENCIA HOY se presenta una recopilación de los ganadores de 2022. Todos estos avances esclarecen varias dimensiones de la vida humana y del mundo natural, y la medicina es una de estas. Existen, sin embargo, zonas grises pobladas por muy diversas prácticas curativas que algunos consideran seudocientíficas o supersticiosas pero que dialogan y se mixturán con la medicina oficial y diplomada. Sobre estas artes de curar, el historiador Diego Armus ha escrito un texto que reproducimos a modo de editorial con el objetivo de enriquecer el intercambio entre autores, lectores, editores y toda la comunidad científica.

En 1925, el diario *La Nación* señalaba que la Madre María ‘ofrecía a todos, ricos y pobres, lo que la ciencia no puede ofrecer y la religión se niega a dar’. En 1929, el diario *Crítica* titulaba una de sus notas ‘La ciudad está minada de curanderas, curanderos y adivinas que explotan la credulidad del pueblo’.

Medio siglo más tarde, un prestigioso médico reumatólogo y profesor universitario contaba en un libro que durante varios años una señora a la que llamaban doña Esther le había estado derivando pacientes que no la visitaban por culebrillas, mal de ojo o tristezas sino por artritis. El médico reconocía como deuda personal no haber recomendado el nombre de doña Esther a aquellos pacientes que escapaban a su competencia profesional –por ejemplo, los afectados de empacho–. También afirmaba que estaba dispuesto a hacer tales derivaciones tan pronto se legalizara el curanderismo.

Estos comentarios pueden ser leídos como anticipos de lo que la historia sociocultural, la antropología médica y la sociología de la salud han estado discutiendo en las últimas décadas: si bien desde el siglo XVIII la medicina diplomada comenzó a delimitar su objeto de estudio y buscó oficializarse, no siempre logró desplazar a otras muy diversas artes de curar, un cambiante repertorio de saberes y prácticas donde destacan las mixturas, los intercambios y las reinterpretaciones.

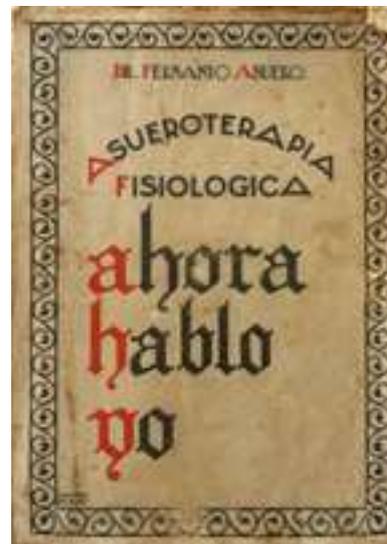
Durante décadas –y siglos– las artes de curar han estado presentes en las trayectorias terapéuticas de enfermos ricos y pobres, educados o no, poderosos o desvalidos. Descubre una historia de continuidades que se fueron ajustando con el paso del tiempo pero que nunca faltaron.

Algunos ejemplos en el pasado argentino la ilustran. A mediados del siglo XIX, Justo José de Urquiza, entonces

gobernador de Entre Ríos, reconoce que debido a las guerras no era posible contar con los médicos habilitados, contradice al Tribunal de Medicina e invita a sus comandantes a convocar a los curanderos para atender la salud de sus soldados. Algo más tarde, el dos veces presidente Julio Argentino Roca no oculta su amistad y confianza con el popular curandero Pancho Sierra. María Salomé Loredo, conocida como Madre María y miembro de una tradicional familia argentina de fines del siglo XIX, no solo frecuenta tertulias con Miguel Ángel Juárez Celman, Carlos Pellegrini y Bartolomé Mitre –a quienes probablemente haya atendido–, sino que también es consultada por centenares de enfermos. Años más tarde, el presidente Hipólito Yrigoyen y una multitud de padecientes –sin duda gente común, pero también calificados médicos de hospitales, funcionarios del Estado y militares– no solo se entusiasman con las promesas de cura del otorrinolaringólogo español Fernando Asuero y sus manipulaciones del nervio trigémino, sino que ignoran las críticas y las reservas que esas promesas motivan en ciertos círculos académicos locales.

Los ejemplos mencionados corresponden a los siglos XIX y XX. Pero no faltan en siglos anteriores y están presentes también en el siglo XXI. Aunque abundan, muy pocas veces son parte de las historias de la medicina, la salud o la profesión médica. Y cuando lo hacen, aparecen marcados por la condena a su espuria condición y por una suerte de exotismo y excepcionalidad que se desentiende de su persistente presencia a lo largo de décadas y siglos.

Quienes habitan esa zona gris eran y son practicantes de las artes de curar que no logran reflejarse en los estereotipados perfiles del médico diplomado y del curandero popular, ambos falsamente incontaminados por tradiciones, prácticas y saberes exógenos a sus supuestas



Izquierda. Busto de Pancho Sierra al lado del paredón del cementerio de Salto, provincia de Buenos Aires. **Centro y derecha.** Fotografía de Fernando Asuero y tapa de su libro *Ahora hablo yo* sobre la 'asueroterapia fisiológica'. Wikimedia Commons.

esencias. En el caso del médico, se trata de un experto que siempre hace buen uso de la ciencia con el fin de ofrecer convencidas respuestas a las enfermedades que la medicina oficial lista en una taxonomía destinada a lidiar con los malestares que aquejan a sus pacientes. Su respetable y también intimidatorio delantal blanco, su autocontenida compostura, sus racionales y no siempre comprensibles habla y caligrafía refuerzan el halo que rodea a sus proclamados nobles y abnegados empeños. En el caso del curandero, se trata del estereotipo de un vendedor de ilusiones, un hábil charlatán que ofrece soluciones alejadas de los saberes institucionalizados, un embaucador capaz de seducir con promesas a los pobres ignorantes que buscan respuestas a mal definidos y confusos malestares, una referencia para los desahuciados a quienes la medicina oficial no logra dar soluciones.

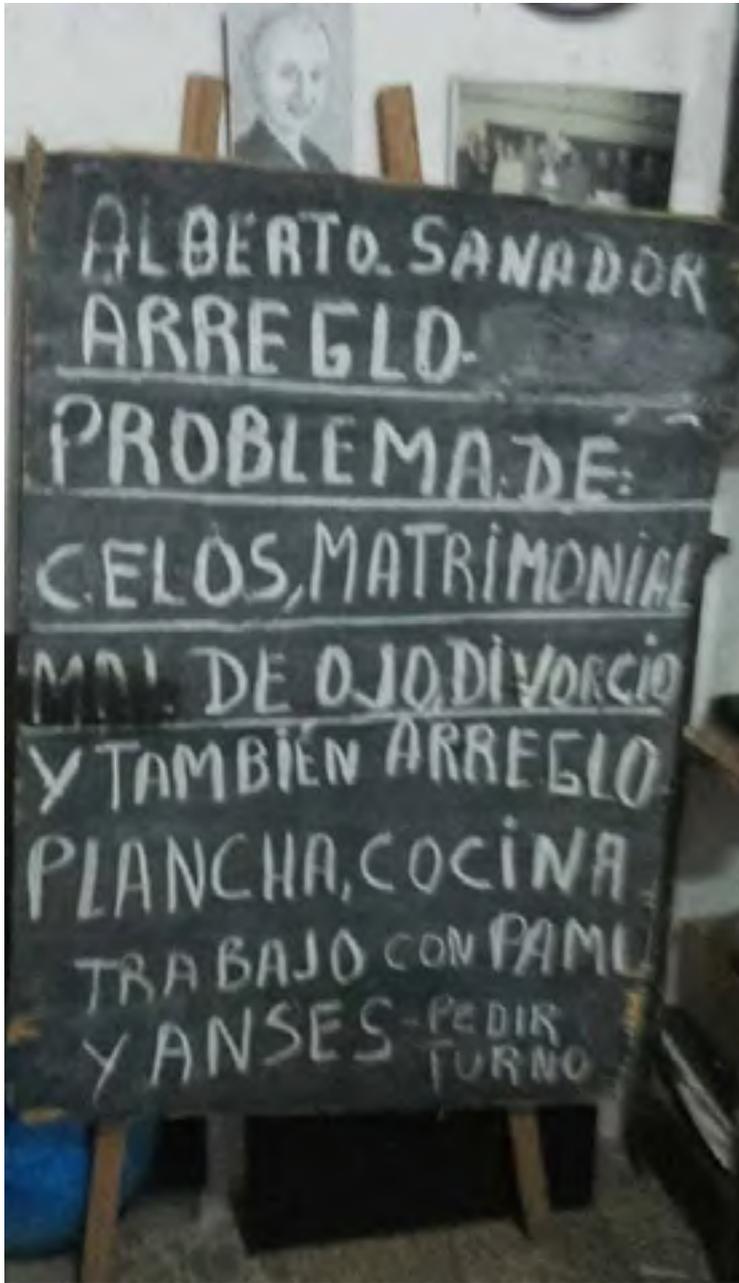
Son dos figuras cristalizadas, una suerte de fotografías. En la década de 1990 algunos medios impresos publicaron una curiosa foto destinada a atraer la atención de los lectores. Un amigo me la envió en 2020 cuando supo que estaba preparando un libro de reciente publicación —*Sanadores, parteras, curanderos y médicas: las artes de curar en la Argentina moderna*— sobre la zona gris donde circularon y circulan una gran variedad de sincretismos, las más de las veces muy inestables y cambiantes, todos abocados con mayor o menor rigor o éxito a lidiar con los malestares de la gente.

Leída sin atención, la foto que me envió mi amigo puede fácilmente reafirmar los rasgos del típico curandero que la medicina oficial no ha dejado de condenar en el último siglo y medio. La describo: en un cuarto sencillo, decididamente popular y donde no hay lugar para la holgura, un atril que ha perdido una de sus patas y por eso se apoya en una pared donde hay recortes de diarios y fotos,

entre ellas la de Evita, sostiene una pizarra. Allí se lee: 'Alberto sanador. Arreglo problema de celos, matrimonios, mal de ojo, divorcio. También arreglo planchas y cocinas. Trabajo con PAMI y ANSES. Pedir turno'.

Una lectura posible de la foto, apresurada, no hace más que reafirmar la cristalizada figura del curandero charlatán. Otra, más detenida, invita a reparar en la última línea del aviso. Alberto trabaja con dos agencias prestadoras de servicios de atención a la salud: el Programa de Atención Médica Integral (PAMI), creado en 1971 con el objetivo de dar asistencia a jubilados y pensionados, y la Administración Nacional de Seguridad Social (ANSES), creada dos décadas más tarde y abocada a gestionar beneficios sociales de muy diverso tipo para individuos y familias. Ambas dependencias eran parte —lo siguen siendo— del mundo de la asistencia social, de la salud pública y de la medicina diplomada, de tradición alópata, reconocida y legitimada por el Estado.

Los detalles sobre cómo Alberto podía ofrecer servicios en la trama institucional del ANSES y del PAMI son una incógnita. Quizá se haya tratado no más que de una triquiñuela para atraer interesados sin ser parte, realmente, de esa trama. También es posible que haya desarrollado relaciones y recursos que le permitieran, legítimamente, ser parte de ella. En cualquier caso, es evidente que tanto el sanador Alberto como quienes recurrían a sus servicios circulaban en un mundo donde coexistían y se mezclaban tradiciones de cuidado de la salud muy diversas. Probablemente los interesados en ser atendidos estuvieran lidiando con malestares para los que no habían encontrado respuestas efectivas en el hospital, la sala de primeros auxilios del barrio o el consultorio de un médico con título habilitante. O con malestares para los que, estaban con-



vencidos, la medicina de esos médicos del delantal blanco no podía ofrecerles soluciones.

En cualquier caso, el sanador Alberto y quienes recurren a sus servicios destacan la existencia de una zona gris en la atención de la salud. Por ella se despliegan las trayectorias de todos, o casi todos, los que están procurando una cura, un tratamiento para paliar un dolor, la mejor gestión de un padecimiento. Incluso un consuelo. Todas ellas, aun en sus diferencias, transcurren en escenarios ritualizados donde la presencia, las palabras, la actitud y muchos otros recursos saturan la interacción entre quienes desean curarse y quienes se empeñan en ofrecer curas.

Agotadas la medicina hogareña y la automedicación, las dos primeras instancias donde se busca responder de algún modo a un malestar, los itinerarios terapéuticos re-

corridos por los enfermos no son necesariamente similares. Se ajustan a muy diversas circunstancias y condicionantes materiales, culturales, sociales e individuales. Cambian con el tiempo y no son los mismos en todos lados. Y reflejan la intensidad con que los triunfos y fracasos de la medicalización han penetrado en la vida cotidiana de la gente, de los ricos y de los pobres, de los educados e informados y de los que no lo son.

Los híbridos practicantes de las artes de curar son muchos, no están en los extremos, dominados por las cristalizadas figuras del charlatán y el médico diplomado. Están en el medio, en una zona gris muy rica en matices y especializaciones. Más o menos ostensiblemente, con mayor o menor intensidad, cubriendo pocos o muchos de los problemas de salud, estos practicantes de las artes de curar han sido parte de la experiencia vital de la gente. Si no de toda, sin duda de mucha gente. Tanto en el pasado como en el presente. Listo algunos ejemplos —estudiados en el libro mencionado anteriormente— que ilustran cuán poblada está la zona gris de la medicina y cuán variadas son sus ofertas: espiritistas, curadoras y curanderos, hipnotizadores, manosantas, médicos otorrinolaringólogos, pediatras, enfermeras, bacteriólogos, armonizadores, terapeutas que practican medicinas orientales en hospitales, médicos alópatas que se entusiasman con la homeopatía, curas sanadores, acupunturistas, parteras *new age*.

Por supuesto, esta lista es mucho más larga. Las artes de curar han sido y son parte del proceso de medicalización que en Occidente ha transformado a la medicina alopatía en medicina oficial, diplomada y hegemónica. Fue un proceso multiseccular que no solo definiría lo sano y lo enfermo sino también redefiniría como fenómenos médicos asuntos hasta entonces pertinentes a la educación, la ley, la religión, las relaciones sociales, el mundo privado de los individuos y los grupos familiares. Sin embargo, y puesto que las relaciones entre cultura, biología y medio ambiente fueron, son y serán siempre inestables, la medicalización de la sociedad es un proceso inacabado e incierto. Las inmunidades colectivas se alteran, las enfermedades pueden o no controlarse, los recursos para preservar la salud cambian. La medicalización es, entonces, un proceso complejo, ambiguo y nunca completo. En ello cuentan muchas razones. Entre ellas, y de modo crucial en el último siglo y medio, las incertidumbres biomédicas, que pueden dejar de ser tales cuando algunas terapias específicas o ciertas políticas de salud pública han sido efectivas. Pero tan pronto esto ocurre, inevitablemente, nuevas incertidumbres, nuevos malestares, nuevas enfermedades ocupan su lugar.

No hay dudas de los enormes beneficios logrados por las intervenciones modernas de la biomedicina y la salud pública desde fines del siglo XIX. Pero junto a esos lo-

gros se despliega una larga lista de fracasos, necesidades básicas —ellas mismas cambiantes— insatisfechas y nuevos desafíos. Es este el escenario donde, tanto en el pasado como en el presente, las artes de curar se revelan como prácticas y saberes cambiantes, pero también resilientes. Tanto cuando la medicalización era apenas incipiente como en tiempos en que la biomedicina y la medicalización se volvieron hegemónicas, los practicantes híbridos han desestabilizado los presupuestos que han permitido hablar de la así llamada medicina occidental (en sí misma una categoría problemática) como una medicina radicalmente diferente e incontaminada por otras medicinas, entre ellas la amerindia, africana, india, china, místico-religiosa, *new age*, o una mezcla de ellas.

Lo cierto es que ninguna de estas tradiciones y culturas de atención a la salud ha sido —o sigue siendo— estática e impermeable a influencias e intercambios. Por ello las artes de curar suelen ser etiquetadas de muchos modos, en una suerte de jungla conceptual donde viejos y nuevos términos compiten para sobrevivir: hibridación, aculturación, sincretismo, fusión, fecundación cruzada, apropiación, cristalización, mestizaje y muchos otros. Todos estos conceptos son útiles, pero tienen limitaciones. Ninguno logra lidiar convincentemente con la porosidad, elasticidad e inestabilidad de las zonas grises de la medicina. Más aún, y en gran medida, se trata de etiquetas con las que difícilmente se identificarían la mayoría de los practicantes de esas artes de curar. Sin duda, sus trayectorias no son convincentemente legibles de la mano de las categorías legalidad/ilegalidad, culto/popular, lego/experto, elitista/masivo, moderno/tradicional, ortodoxia/heterodoxia.

La salud no ha sido un exclusivo territorio ni de los médicos diplomados ni de la medicina oficial en cualquiera de sus formas, estatal o privada. Antes que celebrar o condenar esta pluralidad, se trata de reconocer su perdurable presencia en cuanto tentativos recursos terapéuticos o meramente paliativos. Esto, claro está, hasta que se encuentren los modos y las respuestas eficaces que permitan que la gente y los prestadores de atención a la salud se dispongan a creer y confiar en ellos. Pero encontrar esas respuestas no ha sido ni es fácil. La vida de las personas está cruzada de malestares que distan de constituir entidades perfectamente definidas, y que por eso solo a veces logran ser etiquetadas. Algunos estudios indican que cerca de la mitad de las consultas médicas presenta síntomas para los que no se encuentran explicaciones satisfactorias. Y revistas prestigiosas, como el *New England Journal of Medicine*, informan sobre estudios de medicina ambulatoria donde alrededor del 90% de los pacientes no logra ser convincentemente diagnosticado porque sus trastornos y síntomas no lo permiten, o porque no se pueden leer conforme la taxonomía vigente con que la medicina alopática y la biomedicina organizan sus enfermedades.

Los muchos híbridos que pueblan la zona gris de la medicina han sido y son parte de la experiencia cotidiana de vivir y sobrevivir en la Argentina moderna. No son, por supuesto, una exclusividad argentina. Se crea o no en lo que ofrecen, se confíe o no en ellos, en lo que hacen y en cómo lo hacen, allí están. Ignorarlos o meramente perseguirlos no ha sido muy efectivo, ni en el pasado ni en el presente. Es probable que tampoco lo sea en el futuro. 

LECTURAS SUGERIDAS

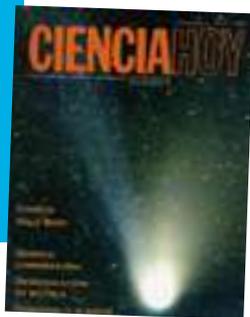
ARMUS D, 2022, *Sanadores, parteras, curanderos y médicas: las artes de curar en la Argentina moderna*, FCE, Buenos Aires..



Diego Armus

Doctor en historia, Universidad de California, Berkeley.
Profesor en Swarthmore College, Estados Unidos.
darmus1@swarthmore.edu

**HACE
25
AÑOS**
en CIENCIA HOY



LA DESREGULACIÓN EN POLÍTICA

JOSÉ FERNÁNDEZ VEGA

Terminada la Guerra Fría, ¿nos encontramos ante 'el fin de la historia' o ante 'el choque de las civilizaciones'?



LAS LETRAS Y SUS ESTILOS

LUIZ C CAGLIARI

Si las formas gráficas con que se escriben las palabras de todos los idiomas son tan variadas, ¿cómo es posible que se pueda leer sin mayores dificultades?



www.leloir.org.ar

LAS MOLÉCULAS ANTISENSE Y EL CÁNCER

ENTREVISTA A OSVALDO PODHAJCKER

Un grupo de investigadores argentinos determinó que una proteína secretada por los melanomas humanos sería la responsable del poder tumorigénico de estas células. Entrevista al responsable del grupo de trabajo, Osvaldo Podhajcer, y breve descripción de las técnicas que utilizan moléculas *antisense*.

Sostiene el autor hoy: 'A lo largo de 25 años el estudio de los más de 200 tipos diferentes de cáncer ha experimentado un vuelco de enorme magnitud con el advenimiento de la genómica y su implementación casi como una herramienta de rutina. Esto ha profundizado el concepto de medicina personalizada que no es ni más ni menos que ofrecerle al paciente el tratamiento adecuado en el momento justo. Hoy en día es lo más natural obtener una muestra de un tumor de un paciente y secuenciarlo. A partir de ello y de la presencia de biomarcadores específicos ese paciente podrá recibir un tratamiento personalizado con un medicamento que va a actuar solo sobre las células que poseen esa mutación o activando al sistema inmunológico. El uso combinado con células CAR-T y virus oncolíticos completa en gran medida el arsenal disponible que se suma a los anticuerpos monoclonales terapéuticos. ¿Es este el fin de la enfermedad? Seguramente no, pero es la manera de aproximarnos a una medicina más personalizada, centrada en cada paciente en forma individual y de ese modo mejorar su calidad de vida. Hacia eso apuntamos desde las ciencias biomédicas'.



LA FÍSICA DEL SIGLO XX A VUELO DE PÁJARO

JUAN J GIAMBIAGI

Texto póstumo de una de las figuras más influyentes de la física de Latinoamérica de las últimas décadas.

El 8 de enero de 1996 moría en Río de Janeiro Juan José Giambiagi. Su charla póstuma fue la que dio al ser nombrado, en diciembre de 1995, miembro honorario de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Hace 25 años se reprodujo en CIENCIA HOY esta charla donde Giambiagi recorrió la física del siglo XX a vuelo de pájaro y donde aventuró algunas predicciones para el siglo que estamos viviendo.

ORGANIZACIÓN Y COHERENCIA DE LOS SISTEMAS VIVOS

MIGUELA AON Y SONIA CORTASSA

La estructura fractal de algunos componentes de los sistemas vivos permite explicar por qué ciertos procesos biológicos se comportan, dinámicamente, en forma diferente de otros.



Wikimedia commons

INTERACCIONES ENTRE HORMIGAS Y PLANTAS

CLAUDIO A SOSA

No siempre las hormigas son destructoras de plantas: hay casos en que son sus mejores amigas.

COMETA HALE-BOPP: EL ADIÓS

PEDRO SAIZAR

SIGUIENDO EL RASTRO DEL CHOIKE

NESTOR CAMINO

Dos visiones desde el hemisferio sur de estructuras celestes: el cometa Hale-Bopp y la Cruz del Sur.

QUÍMICA COMBINATORIA

ERNESTO G MATA

La química combinatoria permite la síntesis simultánea de hasta millones de compuestos distintos. Esto reduce significativamente el tiempo necesario para completar el desarrollo de un nuevo medicamento apto para uso en humanos.





Cóndores casi huérfanos

Aunque la reproducción sexual es el tipo principal de reproducción entre los vertebrados, también existen diferentes tipos de reproducción asexual, como la denominada partenogénesis. El resultado de este proceso es un embrión generado a partir de un único óvulo el cual nunca fue fertilizado por un espermatozoide. Existen diferentes tipos de procesos partenogenéticos (véase 'Partenogénesis', CIENCIA HOY, 20 (119): 14-22). En la partenogénesis apomítica no ocurre meiosis, es decir que los óvulos son diploides y con la misma dotación genética que las células del cuerpo, lo cual

conduce a la formación de individuos idénticos a su progenitor. Por otro lado, en la partenogénesis automítica ocurre la meiosis y por un proceso de autofecundación los óvulos haploides generados se fusionan con otras células maternas haploides y restablecen la diploidía. Además, la partenogénesis puede ser obligada o facultativa; en el caso de la obligada ocurre por la falta de disponibilidad de machos, mientras que en la facultativa las hembras pueden reproducirse partenogenéticamente incluso en presencia de estos. Ambas variantes partenogenéticas son bien conocidas entre varios grupos de

vertebrados, incluyendo reptiles, peces óseos y especies de tiburones y rayas.

En lo que respecta a las aves, hasta el momento solo se conocían casos de partenogénesis obligada. Sin embargo, una investigación reciente realizada en la Universidad de Michigan demostró por primera vez la presencia de partenogénesis facultativa en una población de cóndores de California. Dentro del programa de cría en cautiverio de cóndores se identificaron dos individuos generados por partenogénesis (partenotes) provenientes de dos hembras diferentes. Estos eventos representaron el 2,4% de la reproduc-



Foto Jeffrey Eisen. Unsplash.com

ción total de la población bajo estudio.

Para la identificación de partenotes los autores desarrollaron una librería de marcadores moleculares llamados microsátelites. Seleccionaron y utilizaron 21 marcadores sobre un total de 911 pichones. Llamativamente dos individuos presentaron todos los marcadores correspondientes a herencia exclusivamente materna. Adicionalmente, evaluaron 467 machos, pero ninguno calificó como potencial progenitor. Este hallazgo es interesante porque es la primera vez que se reconocen hembras de aves que, en presencia de machos, producen crías partenogénicas habiéndose reproducido sexualmente antes y luego de reproducirse partenogénicamente.

La población estudiada de cóndores posee baja diversidad genética y descende de solo 14 aves. Esto se debe a que en el pasado ocurrió una fuerte y repentina disminución de la densidad poblacional. En 1984, la po-

blación consistía únicamente en 22 individuos. Gracias a los programas de cría en cautiverio y a la reintroducción en la vida salvaje, en la actualidad ese número ascendió a 523. Puede suponerse que la reproducción partenogénica sería contraproducente para el mantenimiento de la especie ya que traería aparejada una disminución de la variabilidad genética, aunque, por otro lado, podría reducir la frecuencia de aquellos genes que al expresarse generan un efecto letal sobre los individuos.

Actualmente se evalúa a la partenogénesis para la producción de células madre. Hasta el momento para la producción de estas células se emplean embriones, células germinales, sangre de cordón umbilical y tejidos somáticos. En todos los casos, se obtienen células madre con carga genética materna y paterna. En cambio, las células madre de origen partenogénico contienen solo genes mater-

nos, con la ventaja de reducir la probabilidad de rechazo inmunológico ocasionado luego de una cirugía de trasplante. Por lo tanto, el proceso de partenogénesis no solo es relevante en términos de conservación de especies, sino que adicionalmente es interesante desde la biotecnología, con potenciales consecuencias positivas en la biomedicina. **CH**

Alejandra Estefanía Melgar

alumelgar@gmail.com

María Belén Palacios

mariabelenpalacios@gmail.com

Más información en RYDER OA, THOMAS S, JUDSON JM, ROMANOV MN, DANDEKAR S, PAPP JC, SIDAK-LOFTIS LC, WALKER K, STALIS IH, MACE M, STEINER CC & CHEMNICK LG, 2021, 'Facultative parthenogenesis in California condors', *Journal of Heredity*, 112 (7): 569-574. www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/parthenogenesis



MOBBING

El *mobbing* es un comportamiento típico de algunas aves, en el que varias aves pequeñas se enfrentan y atacan a aves más grandes que representan una amenaza. El pie zigodáctilo es un tipo de pata en algunos grupos de aves, que tiene dos dedos hacia adelante y dos dedos hacia atrás. Se da, por ejemplo, en las lechuzas. Acompañado de unas bonitas garras, les sirve para capturar a sus presas.

Irene Negri
irenitaneagri@gmail.com

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Descubren una nueva especie de dinosaurio depredador en Neuquén

Los especialistas del CONICET lo denominaron *Elemgasem nubilus* y se trata del primer animal de la familia de los terópodos abelisáuridos identificado para el período Turoniano-Coniaciano (90 millones de años atrás), una etapa caracterizada por un cambio climático global y eventos de extinción masiva.

Un equipo de especialistas del CONICET y colaboradores encontraron cerca de la ciudad de Plaza Huincul, en la provincia de Neuquén, los restos fósiles de una nueva especie de la familia de terópodos abelisáuridos, una familia de dinosaurios carnívoros. Lo denominaron *Elemgasem nubilus*, habitó la región aproximadamente 90 millones de años atrás y su hallazgo se describe en la revista *Papers in Palaeontology*.

“A partir de análisis histológicos de los fósiles, determinamos que el ejemplar, un bípedo carnívoro que comía principalmente animales herbívoros, tenía una edad mínima de ocho años. Era un individuo sexualmente maduro, pero todavía no había terminado de crecer”, afirma Mattia A. Baiano, primer autor del trabajo que formó parte de su tesis como becario doctoral del CONICET bajo la dirección de Rodolfo Coria en el Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IIPG, CONICET- UNRN) y el Museo Municipal Carmen Funes.

El ejemplar de la nueva especie tenía una longitud aproximada de cuatro metros desde la cabeza a la cola y una altura cercana a los dos metros.

“*Elemgasem nubilus* era parte de una fauna que cuenta con varios dinosaurios carnívoros descritos previamente como *Patagonykus*, *Megaraptor*, *Neuquenraptor* y *Unenlagia*, todos procedentes de la misma localidad fosilífera”, destaca Baiano, ahora becario posdoctoral del CONICET en la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) y el Museo Municipal “Ernesto Bachmann”, en Villa El Chocón, en la Provincia de Neuquén.



Elemgasem nubilus se contaba dentro de los principales grupos de dinosaurios depredadores. Crédito: Abel Germán Montes

A la nueva especie de dinosaurio le pusieron *Elemgasem* en referencia al dios tehuelche que lleva ese nombre, y *nubilus* que en latín significa “días nublados”. “La niebla es poco común en el clima semiárido de la Patagonia, pero fue muy persistente durante los días en los que se descubrieron sus fósiles”, explica Baiano.

Una especie particular

Elemgasem nubilus se contaba dentro de los principales grupos de depredadores y estaba estrechamente emparentado con otros terópodos abelisáuridos de Argentina llamados *Brachyrostra* que incluye especies como *Carnotaurus*, *Aucasaurus* y *Skorpiovenator*.

Esta familia de dinosaurios predominó en la fauna carnívora durante el Cretácico Superior (entre 100 y 66 millones de años atrás) de Gondwana, un continente formado por lo que ahora es América del Sur, la Antártida, India, África y Australia.

Coria, también director emérito del Museo Municipal Carmen Funes, en la ciudad de Plaza Huincul (Neuquén), afirma: “Siempre la identificación de una nueva especie es un hecho científicamente relevante, especialmente si la especie pertenece a una familia emblemática

de dinosaurios carnívoros como los abelisaurios. *Elemgasem* representa una pieza clave en el rompecabezas de la evolución de este grupo, que comenzó a armarse con los primeros hallazgos de José Bonaparte -el paleontólogo de vertebrados argentino más importante del siglo XX- en la década de 1980”.

“Ya conocíamos formas de abelisaurios en horizontes más antiguos (como el Cenomaniano) o más modernos (como el Campaniano), por lo que era predecible que los hubiera en tiempos intermedios. Lo que no nos imaginábamos era encontrar un abelisaurio de tamaño comparativamente pequeño como *Elemgasem*, cuya talla es netamente inferior de la del resto de especies del grupo como *Carnotaurus*, *Aucasaurus* o *Skorpiovenator*. Los estudios paleohistológicos permitieron estimar una adultez temprana para el individuo al momento de su muerte. Es decir, que de haber vivido, no habría crecido mucho más”, agrega Coria quien se formó como paleontólogo con Bonaparte y también es director de la carrera de Paleontología en la UNRN.

En esa línea, Baiano agrega: “La relevancia de nuestro trabajo reside, sobre todo, en el hecho de que *Elemgasem nubilus* es el primer dinosaurio de su familia en ser encontrado en

la Formación Portezuelo, que abarca un lapso temporal de un millón y medio de años aproximadamente (en el intervalo Turoniano-Coniaciano), y por ende aumentamos la diversidad de los dinosaurios terópodos en un momento de la historia geológica afectado por una marcada transformación en la fauna de América del Sur, un cambio climático global y eventos de extinción masiva registrados en todo el mundo”.

Diego Pol, también autor del trabajo e investigador del CONICET en el Museo Paleontológico Egidio Feruglio, en Trelew (Provincia de Chubut), plantea: “Cada vez que nos enfrentamos a una época del pasado del planeta en la cual hubo grandes extinciones nos pregun-

tamos por qué algunas especies sobrevivieron y otras no. ¿Es simplemente un factor azaroso o las especies que sobreviven suelen tener algún factor en común que explique su supervivencia? Lo difícil es encontrar las especies sobrevivientes justo en la época de estas extinciones, porque si encontramos sus descendientes diez millones de años después de la extinción estaremos viendo especies ya muy modificadas. Creo que Elempasem nos aporta un poco de información sobre este aspecto y será un dato que en el futuro nos ayudará a comprender uno de los tantos eventos de extinción parcial que sufrieron los dinosaurios en su historia”.

Por otra parte, Baiano señala que el hallazgo destaca nuevamente la importancia paleontológica de la región. “Argentina, y en particular la Patagonia, es junto con China, Estados Unidos y Canadá, uno de los lugares más importantes en el mundo en lo que concierne a la paleontología, dado que cada año son múltiples los nuevos descubrimientos publicados en revistas científicas internacionales. Cada vez sumamos un granito de arena más al conocimiento de la vida en el pasado. Y el aporte a este conocimiento, que procede de esta parte del mundo hecho por varios equipos de paleontología y geología del país, es sumamente importante”. ■

VINCULACIÓN TECNOLÓGICA

Lanzamiento de la empresa Cannabis CONICET: innovación en cannabis medicinal y cáñamo industrial

La ciencia como motor de desarrollo confluye en una articulación histórica entre el CONICET; la UNAJ y el Hospital El Cruce, para la concreción de una Empresa nacional de Base Tecnológica dedicada a la industria del cannabis.

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) y el Hospital El Cruce Dr. Néstor Kirchner anunciaron la creación de la Empresa de Base Tecnológica (EBT) Cannabis CONICET. Esta nueva empresa nacional permitirá la integración del conocimiento y del desarrollo tecnológico asociado al cannabis medicinal, al cáñamo industrial y sus derivados, fortaleciendo con ventajas competitivas para el desarrollo soberano de la temática y su competencia, en el mercado regional e internacional. Encabezaron el acto de lanzamiento la presidenta del CONICET, Ana Franchi, el ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación, Daniel Filmus; el rector de la UNAJ, Arnaldo Medina, el direc-

tor del Hospital el Cruce, Ariel Sáez de Guinoa y la coordinación científica de la EBT: la y los investigadores del CONICET Silvia Kochen, Gregorio Bigatti y Esteban Colman Lerner.

Cannabis CONICET tiene como misión consolidar la industria del cannabis medicinal y el cáñamo industrial en la región, generando estándares de calidad e innovación en todas las etapas, desde el cultivo, la producción, y el uso clínico e industrial, fortaleciendo tanto la capacitación y formación de recursos humanos, el valor económico y el valor social de la industria a través de su articulación con el sistema nacional de ciencia y tecnología.

La presidenta del CONICET Ana Franchi celebró el lanzamiento y destacó el trabajo conjunto. “Nos unimos en esta empresa con una universidad pública, joven y creciente, que lleva el nombre de Arturo Jauretche y un hospital público que lleva el nombre de un presidente que cambió la historia de la ciencia y la tecnología en Argentina, Néstor Kirchner. Esto nos compromete a tener un Estado

que garantice, no que reprima el uso del cannabis, e intervenga en la salud pública y en esta línea, también a la producción”, detalló.

“Esto no inició hoy, desde CONICET, Universidad y Hospital, sino que principalmente con las mujeres que querían usar el cannabis medicinal con sus familias y el Estado las perseguía, pero se organizaron y siguieron adelante”, sostuvo. Y agregó: “En el CONICET hemos estado trabajando desde la Red de Cannabis Medicinal RACME con un impacto positivo, donde aprendimos entre todos y todas, pudimos avanzar junto a otras instituciones, organizaciones, legisladores y legisladoras, teniendo vigente la reciente ley N° 27.669 que establece el marco regulatorio para el Desarrollo de la Industria del Cannabis Medicinal y el Cáñamo Industrial la cual aborda y contempla la investigación y desarrollo de sus usos. Ahora en esta oportunidad presentamos una empresa de base tecnológica que va permitir asegurar la calidad, el uso seguro del cannabis medicinal, su acceso, fortalecer la cadena productiva, y

algo más allá de esto y muy satisfactorio, es poder contar con las semillas propias, es un tema de soberanía científica”.

Aseguró Franchi que este proyecto busca la formación académica y productiva de cultivadores y la formación en conocimiento de los propios usuarios y usuarias. En este sentido, el CONICET aporta positivamente a la calidad de vida de la sociedad: “Para nosotros y nosotras es importantísimo, porque el Estado está interviniendo en la salud pública, en el control de calidad para el bienestar de las y los usuarios, impulsando el avance en los estudios clínicos del cannabis medicinal y el desarrollo del cáñamo industrial, que nos va a permitir tener más fuentes de trabajo, remediar suelos y un desarrollo productivo muy importante”, concluyó, y agradeció a las contrapartes, organizaciones y toda la comunidad científica por el arduo trabajo y compromiso.

Filmus subrayó “la importancia de que el Estado apoye este tipo de iniciativas, para que democráticamente se pueda acceder al derecho de la salud. El mercado no resuelve este tipo de cuestiones sino el Estado a través de todos los organismos involucrados” y continuó “tiene que ver con una lucha de la sociedad civil y de las organizaciones. No hay posibilidad de crecimiento sin soberanía y hoy se constituye en base al desarrollo científico tecnológico. No hay ningún país con de-

sarrollo pujante que no haya apostado a la ciencia y la tecnología. No hay otra forma de construir un país más soberano. Los que monopolizaron el conocimiento en la pandemia también lo hicieron con la vida y la muerte de la humanidad. Nuestra comunidad científica respondió a la demanda. Por eso, una ley de financiamiento como la que tenemos y un debate respecto al Plan 2030 que nos permita tener un horizonte de país a futuro que genere las condiciones para que sea un país productivo aportando calidad de trabajo y de investigación y su transferencia. Todo esto está resumido en la empresa que se está creando y si no fuera por el Estado no se podría cumplir” y pronunció que “el debate hay que darlo ahora. Este tipo de iniciativas, facilitan el acceso a la tecnología de las pymes. Es necesario fortalecer un Estado que genere las condiciones, es importante invertir en investigación, en educación. Estamos orgullosos de dar este paso” y destacó la labor y compromiso de Kochen.

Esta nueva empresa de innovación tecnológica ofrece los siguientes servicios: Capacitación de recursos humanos especializados, como la Diplomatura Superior de Cannabis, la Diplomatura de Cannabis y sus usos medicinales y Capacitaciones organizadas a demanda; Control de calidad estandarizado; Estudios observacionales del uso terapéutico del Cannabis Medicinal, para contar con la evi-

dencia sobre la eficacia, efectos adversos, dosis, y otros aspectos que involucran el uso del cannabis en salud. el desarrollo de Semillas CONICET y registro de nuevos cultivares; y Semillas CONICET, desarrollo y registro de nuevos cultivares.

Por su parte, el rector de la UNAJ aseguró: “Es una satisfacción para nosotros acompañar este emprendimiento. La UNAJ, viene participando junto con la Red de Cannabis Medicinal del (RACME) del CONICET, instituciones académicas, científicas y productivas y con miembros de la sociedad civil en este proyecto. Partiendo inicialmente de los marcos regulatorios y de los trabajos de investigación científica y médica enfocados en la utilización de cannabis medicinal así como también de la regulación de la producción industrial y la comercialización tanto en nuestro país como la posibilidad de exportación” Además sostuvo que: “Acompañar al CONICET junto con el Hospital El Cruce Dr. Néstor Kirchner es para nosotros muy importante, es la oportunidad de innovar en esta línea. Nuestra Universidad se siente muy comprometida a seguir trabajando tanto en la investigación, en la formación de Recursos Humanos como en continuar acompañando a la RACME en ensayos clínicos, estudios observacionales, en la formación de bioquímicos para el control de calidad y también participando en procesos de control de calidad”.

Por otro lado, el director del Hospital el Cruce, Ariel Sáez de Guinoa remarcó: “Desde el Hospital el Cruce estamos aportando a la innovación junto con el CONICET y la UNAJ a través de un convenio con una empresa pública para el desarrollo de cannabis, la comercialización, el control de calidad desde la producción hasta la distribución. Rescatamos el trabajo que desde la Unidad Ejecutora de Neurociencias, a cargo de la investigadora Silvia Kochen y que hace parte del Hospital porque nos va permitir potenciar nuestro Centro de Medicina Traslacional”.



Lanzamiento de la empresa Cannabis CONICET: innovación en cannabis medicinal y cáñamo industrial

Durante el lanzamiento, el CONICET, la UNAJ y el Hospital El Cruce firmaron un convenio de colaboración que tiene como fin regular las actividades de cooperación en materia de vinculación tecnológica y servicios a terceros relacionados con el cultivo y la industrialización del cannabis y el cáñamo industrial.

El desarrollo de la EBT Cannabis CONICET se apoya en 4 valores centrales como principios rectores: Federalismo, para articular las capacidades y desarrollos de todo el país; la Calidad y excelencia, para capacitaciones, asistencias, productos y servicios tecnológicos de alto nivel; la Responsabilidad social; para garantizar las capacidades al Estado y el acceso igualitario a la población; y la Agilidad, para fomentar la vinculación entre la industria y la sociedad, con las capacidades CyT.

La coordinadora científica y los coordinadores científicos Silvia Kochen, Gregorio Bigatti y Esteban Colman Lerner, consensuaron que “el desarrollo de la industria del cannabis en Argentina es incipiente, la creación de la empresa de base tecnológica “Cannabis CONICET” resulta esencial para impulsar y generar estándares de calidad e innovación en todas las etapas, desde el cultivo, la producción, tanto para el cannabis medicinal y cáñamo industrial, como la investigación de la planta, en la producción, en modelos experimentales y clínicos”. Y agregaron que la empresa nacional “brindará soluciones ágiles en distintos puntos del país por medio de capacitaciones especializadas, control de calidad estandarizado, desarrollo de nuevos cultivares adaptados a las distintas ecorregiones del país y contribuirá en el desarrollo de ensayos clínicos observacionales en diferentes patologías”.

En esta etapa Cannabis CONICET cuenta con la participación activa desde las instituciones integrantes del sector de ciencia y tecnología, de las Universidades, y de los Hospitales para ir sumando en forma progresiva a las ONG’s, cooperativas y PyMEs, entre otras. Se reconoce como una garantía la multiplicidad de actores que integran la EBT, por la experiencia en investigación sobre sus usos e innovación tecnológica del sector, facilitando que el Estado conserve su capacidad de articular y planificar el uso del cannabis en

base a los conocimientos científicos y técnicos, que garanticen la calidad para su uso terapéutico e industrial, a través de la mejora constante de las reglamentaciones, como del desarrollo de técnicas de producción y genéticas nacionales, que contribuyan a la reducción de costos.

Estuvieron presentes, el vicepresidente de Asuntos Científicos y Tecnológicos del CONICET, Mario Pecheny; los gerentes de Vinculación Tecnológica y de Asuntos Legales del CONICET, Sergio Romano y Alan Temiño; el subsecretario de Coordinación Institucional del MINCyT, Pablo Nuñez; el diputado nacional Julio Pereyra; la diputada nacional Carolina Gaillard y el diputado nacional mandato cumplido, Carlos Kunkel; el director del CCT CONICET CENPAT, Rolando Gonzalez-José; el vicedirector del CCT CONICET La Plata, Carlos Omar Della Védova; el coordinador del Programa Nacional de los usos medicinales del Cannabis en el Ministerio de Salud de la Nación, Marcelo Morante; autoridades nacionales, provinciales, municipales, académicas y comunidad científica.

Contexto mundial y local:

¿Por qué una empresa de cannabis?

Según el informe presentado en mayo de 2022 por el Ministerio de Desarrollo Productivo, en la actualidad más de 50 países han avanzado en algún tipo de legalización para el cannabis de uso industrial y/o medicinal. En el año 2000 la producción global de cannabis medicinal era de 1,4 toneladas, mientras que en el 2019 alcanzó las 468 toneladas. Las proyecciones, para el 2024 indican que el valor de la producción global alcanzaría los U\$S 42.700 millones.

El cannabis de uso industrial y medicinal se presenta como una oportunidad para Argentina no sólo por ser un mercado global emergente, sino por ser una actividad intensiva en conocimiento tecnológico y agroindustrial. A modo de ejemplo, la totalidad de las solicitudes de patentes relacionadas a variedades de Cannabis hasta el año 2016 alcanzaron las 320 presentaciones mientras que sólo en el trienio 2017-2019 se presentaron 470 nuevas solicitudes.

El rol del sistema nacional de ciencia y tecnología en general, y del CONICET en par-

ticular, es central para fortalecer e impulsar la integración del conocimiento y del desarrollo tecnológico asociado al cannabis, el cáñamo y sus derivados, acompañando los cambios recientes en leyes y normativas que buscan posicionar al país con ventajas competitivas para el desarrollo soberano de la temática y su competencia en el mercado regional e internacional.

Esta participación es central no sólo por las necesidades de investigación sobre los usos y de innovación tecnológica del sector sino también para garantizar que el Estado conserve su capacidad de articular y planificar el uso del cannabis en base a los conocimientos científicos y técnicos que garanticen la calidad para su uso terapéutico a precios accesibles para el conjunto de la sociedad, tanto a través de la mejora constante de las reglamentaciones como en el desarrollo de técnicas de producción y genéticas nacionales que contribuyan a la reducción de costos.

Para enfrentar el crecimiento en la demanda de conocimiento aplicado y específico que devendrá el desarrollo de la industria del cannabis y la aplicación de políticas públicas asociadas, el CONICET junto a la Universidad Nacional Arturo Jauretche y el Hospital de Alta Complejidad El Cruce Dr. Néstor Carlos Kirchner, anuncian la creación de Cannabis CONICET. Esta empresa será una herramienta clave para contar con una relación más ágil con la industria y la sociedad impulsando la promoción y fomento de la asistencia técnica, las capacitaciones, la investigación y desarrollo y la transferencia de tecnología relacionada al uso medicinal de la planta de cannabis y al cáñamo industrial. ■

La loba como protagonista de una canción de cuna latinoamericana

Un texto de Juana de Ibarbourou y una mirada acerca de la animalidad

En un libro publicado en 1972, *El oro de los tigres*, Jorge Luis Borges evoca una escena que tuvo lugar en la madrugada de cierto día de 1946. Se trata de la muerte de Pedro Henríquez Ureña, escritor y crítico literario dominicano que vivía en Buenos Aires:

‘Alcanzarás el tren, pondrás tu cartera en la red y te acomodarás en tu asiento junto a la ventanilla. Alguien, cuyo nombre no sé pero cuya cara estoy viendo, te dirigirá unas palabras. No le contestarás, porque estarás muerto. Ya te habrás despedido para siempre de tu mujer y de tus hijas.’

¿DE QUÉ SE TRATA?

La loba en la tradición literaria latinoamericana nos sugiere algunas perspectivas sobre la asimilación literaria de la animalidad.



La hija mayor de Pedro Henríquez Ureña se llamaba Natacha. Había llegado muy pequeña, con sus padres, al puerto de Buenos Aires, en 1924. La familia se instaló en la Argentina donde Pedro Henríquez llegó a ser profesor de literatura hispanoamericana.

Por esos años, una gran poeta uruguaya, Juana de Ibarbourou, que abandonaba poco a poco las influencias del Parnaso y del simbolismo para dedicarse a una poesía de lo íntimo y de lo cotidiano, escribió *Las canciones de Natacha*, destinadas a la hija de Henríquez Ureña. Se trata de siete nanas; aquí transcribo la segunda de ellas:

La loba, la loba
Le compró al lobito
Un calzón de seda
Y un gorro bonito.

La loba, la loba
Se fue de paseo
Con su traje rico
Y su hijito feo.

La loba, la loba
Vendrá por aquí
Si esta niña mía
No quiere dormir.

Podríamos decir que este texto forma parte de ese conjunto de innumerables relatos universales. Hay en es-

ta canción de cuna una historia. Está destinada a la hija de una pareja centroamericana que vivía en Buenos Aires; nació la historia en la otra orilla del Río de la Plata, en Montevideo, capital del Uruguay.

Voy a intentar reconstruir la arqueología de este texto que se transformó en canción, tarea hartó difícil porque el texto de autor se transformó muy pronto en texto anónimo, casi folclórico, y luego además porque las huellas escritas no están totalmente claras. A pesar de ello podemos diseñar el itinerario que sigue.

La segunda nana, como las otras canciones de Natacha, fue escrita entre 1924 (fecha de nacimiento de Natacha Henríquez Ureña) y 1930 (fecha de la primera publicación del texto). Esta primera aparición de *Las canciones de Natacha*, según las informaciones con que contamos, fue incluida en una antología de poemas de Juana de Ibarbourou publicada en Santiago de Chile en 1930 por la editorial Nascimento. Se titula *Sus mejores poemas* y lleva un prólogo de Humberto Díaz Casanueva. Más tarde algunos poemas de *Las canciones de Natacha* serán publicados en 1942 en *Poemas*, en Buenos Aires, por la editorial Espasa Calpe. Finalmente *Las canciones de Natacha* fueron integradas en un libro titulado *Dualismo* que no aparecerá de modo independiente sino formando parte de las obras completas de Juana de Ibarbourou publicadas en Madrid en 1953. Esto significa que *Las canciones de Natacha* nunca tuvieron una existencia editorial independiente en lengua española. Sin embargo, Armand Godoy, poeta simbolista nacido en La Habana en 1880 e instalado en



Juana de Ibarbourou en libro: retrato en las páginas preliminares de la edición chilena de 1930 donde se publica la nana por primera vez.



Partitura de Carlos Suffern

París en 1919, se ocupó de adaptar y editar en francés las *Chansons de Natacha*. La publicación tiene lugar en París en 1937 en la prestigiosa editorial Grasset. Los 1.100 ejemplares de esta edición fueron impresos en Mayenne, una región de Francia donde abundaban y abundan las imprentas. He podido consultar un ejemplar de esta edición en la Biblioteca Nacional de París.

Transcribo la adaptación bastante libre del texto de Armand Godoy porque nos dará pistas para el análisis de la versión original de Juana de Ibarbourou:

La louve, la louve
 Para son petit
 D'un jabot de plumes,
 D'un bonnet joli.

La louve, la louve
 Traîne vers le pré
 Sa robe si belle,
 Son petit si laid.

La louve, la louve
 Elle va venir
 Si cette fillette
 Ne veut pas dormir.

He intentado informarme en la editorial Grasset sobre el éxito o no de este pequeño libro en su época, sin obtener respuesta alguna. Grasset era el editor de Armand Godoy que publicó de este autor, entre otros, libros como *Le Drame de la Passion* (1928) o *Le Poème de l'Atlantique* (1938).

Godoy, con un deseo de hacer de esta nana un poema más delicado y más intemporal, despoja al texto de dos elementos que me parecen importantes. Por un lado, reemplaza el verbo 'compró' por el verbo 'para', que en francés significa 'ataviar' o 'engalanar'. De este modo despoja al poema del carácter consumista de la loba. Por otra parte, la idea de 'ir de paseo' que hace pensar en una caminata por la ciudad es reemplazada por 'traîne vers le pré', es decir 'se va hacia el prado', lo que quita a la loba su carácter humano y urbano para hacer de ella un ser más animal y más salvaje. Además, el vestido rico de la loba, concepto que conservó la versión francesa ('sa robe si belle') remite a un espacio de sociabilidad más bien urbano y no agreste y campesino. Podemos retener estos elementos para un análisis de nuestro texto.

En cuanto a la arqueología de esta segunda nana de *Las canciones de Natacha* conviene tener en cuenta que es la historia de un poema que se transformó en canción, o sea que no se trata de una historia exclusivamente literaria. El texto de 'La loba, la loba' fue musicalizado por Carlos Suffern, compositor argentino nacido en Luján en 1901 y muerto en 1991. Suffern creó un ciclo titulado *Seis canciones de cuna para Natacha* que retoma las seis primeras nanas de Juana de Ibarbourou. Excluye en efecto la última, 'Pajarito chino', que tampoco aparece en la edición chilena de 1930 y en la traducción francesa de Godoy. La partitura habría sido terminada y publicada en Buenos Aires hacia 1929 por la editorial Romero y Fernández. Sabemos que Carlos Suffern recibió en 1931 el premio Julián Aguirre por sus *Seis canciones de cuna para Natacha*. Estas diferentes informaciones nos permiten afirmar que el punto de partida de la transmisión textual y musical de 'La loba, la loba' tuvo lugar casi al mismo tiempo, hacia 1930. Sin lugar a dudas habría que imaginar un camino más íntimo en el seno de la familia Henríquez Ureña a partir de 1924, fecha de nacimiento de Natacha.

Hay sin embargo en el texto de Juana de Ibarbourou, en la génesis del poema, elementos que orientaban ya hacia lo popular. Estamos ante un fenómeno de época al que hay que prestar atención. Citemos el caso de Horacio Quiroga que, habiendo escrito y publicado en 1901 su recopilación de cuentos *Los arrecifes de coral*, evoluciona hacia una representación del mundo mucho más apegada



da a valores y leyendas latinoamericanos, como lo vemos en sus *Cuentos de la selva para niños* (1918).

El gran poeta español de ese período, leído por todas partes en América Latina, Juan Ramón Jiménez, se sentía muy próximo al universo popular andaluz que se refleja en su libro más conocido, *Platero y yo* (1914). Allí, en el capítulo titulado 'La arrulladora', vemos a la hija de un carbonero cantando una nana para adormecer a su hermano menor. Y podríamos citar otros ejemplos. No podemos olvidar en esta corriente literaria que desea nutrirse en el mundo popular y campesino los hallazgos de Federico García Lorca. El poeta de Granada le escribe a un amigo en enero de 1928: '... preparo la conferencia que debo pronunciar en la Residencia de Estudiantes: tratará sobre «lo patético de las nanas españolas»...'. Esta conferencia será dada luego, en 1930, en Nueva York y en La Habana, y llevará como título definitivo *Las nanas infantiles*.

Juana de Ibarbourou se sitúa también en esta corriente que, en los años 20, intenta restablecer el lazo con las canciones populares, con el mundo rural y también, además, con el mundo animal. Por otra parte, su libro titulado *El cántaro fresco* (1920) incluye un texto en prosa de carácter autobiográfico: 'Canciones de cuna'. En esta estampa se nos narra que volviendo de misa un domingo Juana pasa ante una casa y oye a una mujer cantando unas nanas, transcribe las dos canciones y se las hace escuchar luego a su hijo. Hay en este texto, seguramente redactado hacia 1919 cuando Julio César Ibarbourou tiene dos años, una reflexión sobre el arte y el sentido de la canción de cuna.

Entre las siete nanas de la poeta uruguaya, 'La loba, la loba' es la única (además de la última) en que no se hace referencia a Natacha y que, en este sentido, vuelve al texto menos apegado a una situación particular, a una identidad precisa y por lo tanto más universal por estar menos connotado. A pesar de que la tercera nana evoque a un ratoncito que habla, el texto que mejor humaniza al animal y que, en este sentido, se acerca más al universo de la fábula es 'La loba, la loba'.

Juana de Ibarbourou, en el contexto de su época, tiende a humanizar al animal para acercarse a él, sin plantearse todavía (lo que sí se plantea ya Juan Ramón Jiménez) una representación más auténtica de la naturaleza. En su relato posterior *Chico Carlo* (1944) Juana vuelve a interesarse por el peso del mundo animal y hace hablar a estos personajes en cuentos contados por madres y nodrizas. El capítulo titulado 'Abuela Santa Ana' es particularmente rico en este sentido.

Examinemos ahora de cerca nuestra nana. Está compuesta por tres estrofas de cuatro versos hexasílabos cada una. En cada estrofa los versos impares son sueltos, mientras que los pares riman entre sí. Esta estructura de

rimas es típica de la poesía popular, que Juana de Ibarbourou desea reproducir. Merece citarse una de las nanas que se recopila en el texto 'Canciones de cuna' antes mencionado. Se emplea allí la misma métrica y aparece también la figura de la loba:

Ah niño nata
¿Qué escondió la loba?
Dos lobitos gordos
Detrás de la escoba.

¿Por qué una loba y por qué tal éxito en el caso de esta nana que tiene a una loba como protagonista? La loba y el lobo, de manera general, están asociados con la idea de violencia y de miedo: el lobo es entre los animales el carnicero por excelencia, come a mujeres y niños, y es el sanguinario malvado en una historia que todos conocen, titulada *Caperucita roja*. Todos estos elementos están presentes en el espíritu del receptor ya que, como lo dice García Lorca, la nana no está destinada al recién nacido:

Nótese cómo al niño recién nacido no se le canta la nana casi nunca [...] La nana requiere un espectador que siga con inteligencia sus acciones y se distraiga con la anécdota, tipo o evocación de paisaje que la canción expresa. El niño al que se canta ya habla, empieza a andar, conoce el significado de las palabras y muchas veces canta él también.

Sin embargo, la loba está también asociada a una imagen positiva que se remonta a la leyenda de Rómulo y Remo amamantados por una loba. Por otra parte, Rudyard Kipling en su *Libro de la jungla*, publicado en 1894, cambió la imagen del lobo: el pequeño Mowgli fue recogido por lobos que lo criaron. Cito aquí una de las primeras escenas, que muestra la delicadeza lobuna:

Un lobo está acostumbrado a mover a sus pequeños. Los lleva de un lado a otro. Hasta puede transportar un huevo en la boca sin romperlo. Las dos mandíbulas se cerraron sobre la espalda del niño, que no sufrió el mínimo rasguño. Estaba perfectamente cuando fue colocado entre los lobatos.

'Pequeño, desnudo y atrevido', dijo con dulzura Madre Loba. Mientras tanto el niño empujaba como un cachorro más al acercarse y sentir el calor de la piel de Madre Loba. 'Mira, se alimenta con los demás. ¡Así que esta es una cría de hombre! He aquí una loba que va a vanagloriarse durante toda su vida de haber tenido una cría humana entre sus hijos'.

Estos elementos están también presentes en el inconsciente colectivo de muchos lectores, pero sin duda

el niño lo ignora y está más apegado a la imagen del lobo como espíritu sanguinario.

Curiosamente, el lobo no forma parte de la fauna de América del Sur. En un libro ya clásico dedicado a cuentos y leyendas populares argentinas, Berta Vidal de Battini, después de analizar algunos relatos, nos dice que como el lobo está ausente en la fauna de América del Sur, también está ausente en el cuento popular. El animal feroz que lo reemplaza es el tigre americano, es decir, el jaguar. Los dos animales más presentes en el cuento popular de esta región son el tigre y el zorro.

En su *Encyclopédie moderne*, publicada en 1850, Léon Rénier hablaba de un tipo de lobo propio de las pampas del Plata: el lobo rojo o aguará guazú. El lobo sin embargo está presente en una literatura sudamericana que no es folclórica pero que se nutre en el folclore. La literatura de autor, como es el caso en Juana de Ibarbourou, participa de un fenómeno de hibridación cultural ya presente en la realidad misma. Volvamos a citar el caso de una de las canciones de cuna escuchadas por nuestra escritora y evocadas en su texto 'Canciones de cuna'. Se trata seguramente, como la escritora lo dice, de una canción de origen español pero que ya forma parte de la realidad uruguaya. Seguramente esta copla que dice que una loba escondió a sus lobitos detrás de una escoba, esta copla escuchada por Juana casualmente, es la que inspiró unos años después nuestra nana. En efecto, la autora va a retomar la imagen de la loba y cierta referencia doméstica presente en la alusión a la escoba. Pero la loba de Natacha es más burguesa (le encanta el *shopping*) y más humana (tiene un único bebé, siendo que las lobas suelen parir al menos tres cachorros).

El primero en subrayar este aspecto consumista de la loba fue Jorge Arbeleche: '¿Dónde radica lo fabuloso de esta loba que hace el deleite de cuanto niño tiene el placer de conocerla? Radica en el hecho de la cotidianidad de su paseo y de su compra, que bien pueden ser las compras de cualquier madre...'. El hallazgo puede hacernos pensar en el *nonsense* o disparate propio de los *nursery rhymes* que recuerda los versos de Edward Lear en su *The Book of Nonsense and Nonsense Songs* (1895), libro que se impuso como un clásico de la literatura infantil. Esta presencia del disparate encanta a los niños. No solamente a esta loba le interesa el *shopping* sino que también le gusta el lujo porque viste a su hijo con ropa de seda.

En cuanto a la segunda estrofa, una vez evocada la idea del paseo, la atención del niño receptor se concentra en la antítesis entre la riqueza y la belleza del atuendo de la loba y la fealdad del hijo. Juana de Ibarbourou parece inspirarse en un refrán bastante corriente en el Río de la Plata: 'Para la madre no hay hijo feo'. Vemos entonces que la loba se pasea con su hijo muy orgullosa de él, aunque la mirada exterior encuentre al lobito muy feo.

Este elogio de la fealdad encuentra toda su lógica en el universo del disparate y del mundo al revés y despoja a la loba, al mismo tiempo, de su carácter cruel gracias al recurso humorístico. Es uno de los detalles que contribuye al éxito de esta canción de cuna.

Ahora bien, cuando pasamos a la tercera estrofa las cosas cambian. Ya no estamos en el universo del relato sino en la realidad de la niña y de la persona que la arroja y le canta para hacerla dormir. Esta última copla es, en cierto sentido, el marco narrativo que engloba la primera parte. Hay allí tres personajes. Primero la loba, nombrada dos veces y que constituye siempre el sujeto de la frase (su categoría sintáctica no ha cambiado). Luego la niña (que no aparece asociada a la identidad de Natacha Henríquez Ureña y que aparece como una representación de todas las niñas y los niños). Finalmente, la madre, o la persona que canta, apenas mencionada a través del posesivo 'mía'.

La presencia de la loba en el primer verso garantiza la transición entre el relato y el marco narrativo. Pero la presencia de la loba tiene aquí otro sentido. Juana de Ibarbourou se sirve de una función propia de las canciones de cuna: la amenaza. No hay que olvidar que la finalidad esencial de la nana es hacer dormir al niño que no tiene sueño y desea continuar jugando. El adverbio 'aquí' acentúa el peligro y la intimidación. Es evidente que esta última estrofa está ubicada casi en el exterior del texto, en la realidad misma del acto de comunicación entre la madre (o la persona que canta) y la criatura. Por otro lado, el adulto podrá modificar o adaptar esta última estrofa según la circunstancia transformando la expresión 'esta niña mía' en 'este niño mío', suerte de actualización y de entrada en la realidad. Ya no estamos en el universo de la ficción.

Si establecemos una comparación entre los dos movimientos de la canción notamos que la última estrofa no es más que una fórmula que se repite desde hace siglos, una especie de convención o de gesto ritual que sitúa a la totalidad del texto en una tradición: la de la canción de cuna. Juana de Ibarbourou obedece a reglas ancestrales. Sin embargo, el primer movimiento, el relato propiamente dicho, permite a la autora elaborar un mundo propio que permitirá a su emisor cantarlo y entrar en la función repetitiva del acto de adormecer. Además, la brevedad otorga a nuestro cuento cantado una amplia adaptabilidad a la comprensión de los posibles receptores.

Sin embargo, la historia de la loba y de su bebé no es algo completamente inédito. La autora ha sabido bordar en un cañamazo tradicional y familiar: el de los animales que se comportan como seres humanos, que se pasean y aprecian la coquetería. Lo que es inédito es el acto de comprar, es decir la acomodación de la fábula al mundo mercantil (Armand Godoy, en su adaptación del poema,



Ilustración de la nana difundida por la Dirección Provincial de Educación Primaria de Buenos Aires.

no había comprendido o –todavía más interesante– había censurado este aspecto renovador de la nana). También notamos un elogio de la fealdad, de la libertad de ser como uno es, el orgullo de la loba ante aquellos que miren a su niño. Al fin de cuentas, una pequeña revolución enmarcada en el margen estrecho que se da entre el arte popular y la creación erudita.

Es así como una historia de amistad, un poema ‘regalado’ a la hija de Pedro Henríquez Ureña, un acto íntimo, se transforma en texto publicado, en libro, luego en canción de cuna anónima... Nos interesa particularmente hoy el hecho de que la loba deja de ser únicamente una amenaza en el desenlace para ser la protagonista de

La loba

Juana de Ibarbouro



Ilustración del poema en el sitio web Puro Berrinche.

la totalidad del texto, para ser madre como toda mujer y vehiculizar un mensaje desopilante y revolucionario. En él animalidad y humanidad se confunden y la loba abandona el estereotipo de lo sanguinario para ser mujer en el amplio sentido de la palabra y portadora de un mensaje de exquisita libertad. **CH**

Dedicado a Luis.

LECTURAS SUGERIDAS

GARCÍA LORCA F, 1969, 'Las nanas infantiles', en *Prosa*, Alianza, Madrid, pp. 141-168.

IBARBOUROU J, 1972, *Antología: poesía y prosa 1919-1979*, prólogo y selección de J Arbeleche, Losada, Buenos Aires.

IBARBOUROU J, 1930, *Sus mejores poemas*, selección y prólogo de H Díaz Casanueva, Nascimento, Santiago de Chile.

PRUVOST J, 2010, *Le loup*, prefacio de H Walter, Honoré Champion, París.

VIDAL DE BATTINI B, 1980, *Cuentos y leyendas de Argentina*, Secretaría de Estado de Cultura, Buenos Aires.



Fernando Copello

H. D. R. (habilitation à diriger des recherches), París, Université de la Sorbonne Nouvelle.

Catedrático de literatura española, Le Mans Université.

Miembro del Laboratorio 3L.AM, Le Mans Université.

Fernand.Copello@univ-lemans.fr

Los cánidos de América del Sur: invasiones, fósiles y extinciones

Los cánidos son un componente conspicuo de los ecosistemas actuales de casi todos los continentes. En general, son especies de mediano porte (3-10kg), buenos corredores y depredadores de pequeños mamíferos (roedores principalmente), dieta que (en algunos casos) complementan con insectos y restos vegetales. Algunas especies (por ejemplo, el lobo gris, *Canis lupus*) tienen dietas fundamentalmente carnívoras, pesan más de 20kg y forman parte del grupo de los grandes depredadores terrestres junto a otros carnívoros como félidos y hienas. Unas pocas especies consumen una proporción mayor de frutas (por ejemplo, el aguará guazú, *Chrysocyon brachyurus*) y otras pocas están muy especializadas en el consumo de insectos (por ejemplo, el zorro orejudo de África, *Otocyon megalotis*). Por otro lado, los cánidos tienen un interés particular por su estrecha relación con los humanos, siendo el perro doméstico la primera especie domesticada por el hombre.

América del Sur tiene una importante diversidad de cánidos con al menos nueve especies pertenecientes a

cinco géneros. La mayoría son especies medianas y omnívoras, si bien faltan grandes cánidos depredadores como hay en otros continentes. Dos taxones escapan a esta generalización y son una rareza dentro de los cánidos. Por una parte, el aguará guazú es una especie de gran tamaño de hábitos omnívoros y patas muy largas. El otro caso es el zorro pitoco (*Speothos venaticus*), de talla mediana, patas proporcionalmente cortas y cráneo y dentición superespecializados a la dieta carnívora, el único cánido viviente sudamericano que consume fundamentalmente carne de otros mamíferos. La diversidad de especies, la disparidad morfológica y la variación ecológica son llamativas si tenemos en cuenta que los cánidos ingresaron a América del Sur desde América Central y del Norte hace relativamente poco tiempo (últimos 3 millones de años). Esta inmigración ocurrió en el marco del gran evento biogeográfico de las Américas (véase recuadro 'Gran Intercambio Biótico Americano'). Sin embargo, el registro fósil en nuestro continente nos muestra que este grupo poseía más especies y tipos ecológicos en el pasado.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los restos fósiles nos cuentan sobre el origen y la evolución de los cánidos de América del Sur.

GRAN INTERCAMBIO BIÓTICO AMERICANO (GABI)

Los cambios tectónicos ocurridos en el norte de América del Sur y en América Central durante el Cenozoico (últimos 65Ma) causaron la elevación de América Central, formándose en el Plioceno (3-4Ma) un puente terrestre continuo entre ellas (aunque para algunos autores esto ocurrió ya en el Mioceno Tardío, hace más de 10Ma). Esta conexión generó un intercambio notable de vertebrados, entre otros grupos, donde muchos linajes de mamíferos de América del Norte invadieron América del Sur y viceversa. Algunos linajes norteños ya se registraron en América del Sur en el Mioceno Tardío (parientes de los coatíes, cerca de 7Ma) o en el Mioceno Tardío-Plioceno Temprano (ratones de campo, entre 7-5Ma), los cuales fueron denominados heraldos del Gran Intercambio Biótico. Luego aparecen los primeros pecaríes (hace casi 3Ma) y ya en la última parte del Plioceno ingresan los primeros camélidos (guanacos, vicuñas y llamas), siendo los zorros, hurones y caballos los últimos migrantes en llegar en ese período. Sin embargo, el mayor registro de linajes de América Central y del Norte se da posteriormente, en el Pleistoceno Temprano (1,8-1Ma), cuando se encuentran los primeros ciervos, félidos, osos, tapires, grandes cánidos, zorrinos, etcétera. Los descendientes de estos invasores hoy constituyen elementos distintivos de la fauna de mamíferos de América del Sur, como bien lo ejemplifican los guanacos, las llamas y las vicuñas.

Gran Intercambio Biótico Americano (Great American Biotic Interchange, GABI). La flecha roja indica el ingreso de distintos grupos de mamíferos a América del Sur (se ilustran algunos de ellos: mastodontes, caballos, ciervos, pecaríes, tapires, cánidos, félidos, osos, camélidos). La flecha azul indica la inmigración contraria, linajes de América del Sur que invaden América Central y del Norte (se ilustran alguna de ellos: toxodontes, armadillos, gliptodontes, perezosos terrestres gigantes, zarigüeyas, puercoespines, osos hormigueros). La extinción ocurrida en la transición entre el Pleistoceno y el Holoceno (aproximadamente 11.700 años antes del presente) causó la desaparición de algunos de estos mamíferos en alguno de estos continentes (por ejemplo, camélidos y osos hormigueros en América del Norte), en todas las Américas (por ejemplo, caballos) o en todo el mundo (por ejemplo, gliptodontes y mastodontes). Imágenes de Wikimedia Commons.



Representantes del grupo de los cánidos sudamericanos. **A.** Zorro de monte (*Cerdocyon thous*). **B.** Aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*). **C.** Zorro gris pampeano (*Lycalopex gymnocercus*). **D.** Zorro pitoco (*Speothos venaticus*). **E.** Zorro de orejas cortas (*Atelocynus microtis*). Fotos Sebastián Navajas (A y C), Jorge La Grotteria (B), Wikimedia Commons (D y E).



Cánidos invasores más modernos. Zorro gris norteamericano (*Urocyon cinereoargenteus*). Don Owens, Wikimedia Commons.

Origen de los cánidos sudamericanos

Los cánidos son un grupo de carnívoros placentarios (orden Carnivora) que se originaron hace 40 millones de años (Ma) en América del Norte. Durante gran parte de su historia estuvieron limitados a ese continente, donde experimentaron varias diversificaciones que dieron origen a dos grupos extinguidos (\dagger Hesperocyonidae y \dagger Borophaginae; la \dagger indica que está extinguido) y a los Caninae en el Oligoceno (34Ma), donde se agrupan todos los cánidos vivos. Recién en el Mioceno Tardío (aproximadamente 6Ma), los Caninae invaden el Viejo Mundo y más tardíamente, en el Plioceno Tardío (2,8Ma), América del Sur.

Los datos de ADN y morfológicos demuestran que —con la excepción de \dagger *Aenocyon dirus* y *Urocyon cinereoargenteus*, o zorro gris norteamericano— los cánidos fósiles y vivos de América del Sur son un grupo natural, es decir, comparten un ancestro en común más cercano que el resto de los cánidos. Estos resultados podrían indicar que en América del Sur los cánidos se habrían originado hace 3,5-3,9Ma, a partir de un solo evento migratorio desde América Central y del Norte. Sin embargo, el registro fósil muestra un escenario más complejo. Los fósiles más antiguos de cánidos en América del Sur fueron encontrados en yacimientos del Plioceno Tardío (2,8Ma) de la provincia de Buenos Aires y son similares al zorro gris pampeano, *Lycalopex gymnocercus*. En yacimientos más modernos de la provincia de Buenos Aires (Pleistoceno Temprano-Medio; 1,8-0,5Ma) se registró un aumento considerable de su diversidad, donde además de restos de cánidos vivos —como el zorro gris pampeano— también hay varias especies extinguidas de gran tamaño y hábitos alimentarios hipercarnívoros.

Posteriormente, ya en el Pleistoceno Tardío (125.000 a 11.700 años antes del presente) aparecen en distintas localidades de América del Sur los primeros restos de muchos de los cánidos vivos acompañados por otras especies que se extinguieron. Un caso interesante es la presencia de \dagger *Dusicyon avus* (pariente cercano del zorro de Malvinas, *Dusicyon australis*), que posee abundantes registros en el Pleistoceno Tardío y Holoceno de la región pampeana y Patagonia. En la última parte del



Zorros extinguidos. **A.** Cráneo en vista lateral de \dagger *Dusicyon avus* (escala: 3cm). Museo de La Plata. **B.** Reconstrucción en vida de \dagger *D. avus*. Ilustración Jorge Blanco. **C.** Dibujo del zorro de Malvinas (\dagger *Dusicyon australis*). Litografía de Mintern Brothers en RH Porter (1890), Wikimedia Commons.



Pleistoceno Tardío (30-11.700 años antes del presente) se registran los primeros restos de †*Aenocyon dirus* y del zorro gris norteamericano, en distintas localidades de América del Sur para la primera especie y, en congruencia con su distribución actual, en el oeste de Venezuela para la segunda. Por último, la supuesta presencia de grandes cánidos hipercarnívoros en el Plioceno Tardío de Venezuela no se ha corroborado dado que el yacimiento en cuestión (Orocual) no ha podido ser datado fehacientemente, con lo cual no puede descartarse una edad más moderna para estos restos (1,8Ma o menos).

El registro fósil de América del Sur parece indicar que los cánidos ingresaron en el marco del Gran Intercambio Biótico Americano en forma escalonada. Según esta interpretación, los cánidos originados en América del Sur habrían invadido América Central y del Norte durante el Pleistoceno Tardío o más recientemente para el caso del zorro pitoco y el zorro de monte, *Cerdocyon thous*. La distribución actual de estas dos especies vivientes llega al extremo suroeste de América Central. Por otro lado, la supuesta presencia de restos fósiles de cánidos de géneros sudamericanos (*Chrysocyon* y †*Theriodictis*) en el Plioceno de América del Norte podría indicar que los cánidos sudamericanos se diferenciaron en América del Norte y Central y posteriormente ingresaron a América del Sur a través de varias oleadas durante el Plioceno-Pleistoceno. Sin embargo, la asignación genérica de estos fósiles es aun discutida.

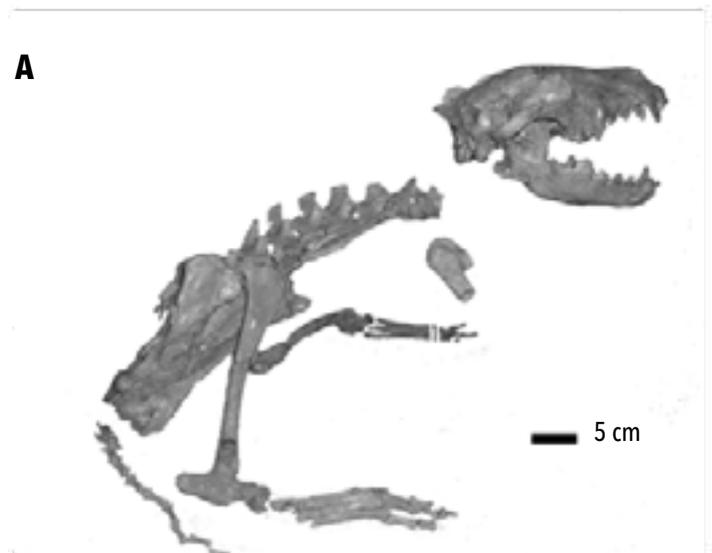
Principales fósiles

Como se mencionó anteriormente, en América del Sur vivían varias especies de cánidos que se extinguieron, muchas de ellas de gran tamaño y con esqueleto y dentición especializados, lo que demuestra que eran depredadores activos con dietas hipercarnívoras. Estas especies eran similares a los lobos grises o al perro salvaje africano (*Lycan pictus*) actuales, incluso también podrían haber tenido estrategias de caza en grupo sobre mamíferos medianos y grandes (por ejemplo, caballos y ciervos, entre otros).

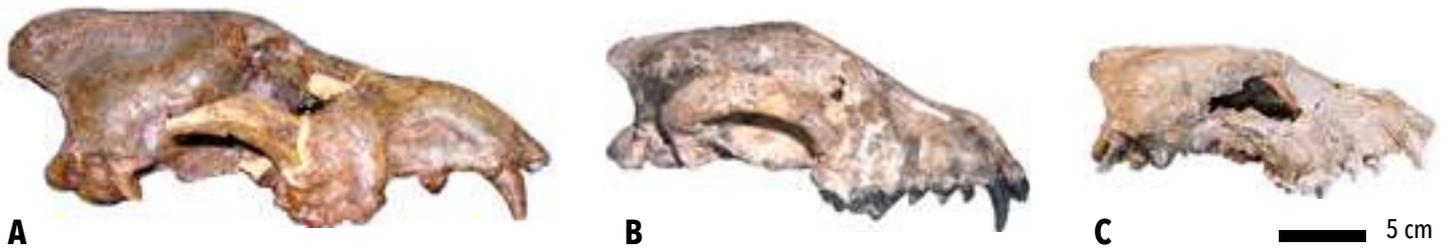
Entre estos grandes cánidos cazadores, †*Theriodictis platensis* habitó la región pampeana hace 1,8-0,5Ma. Poseía un cráneo robusto con paladar ancho y dentición especializada para el consumo de carne. Los dientes carnívoros (el cuarto premolar superior y el primer molar inferior que ocluyen entre sí a modo de tijeras para cortar) eran proporcionalmente grandes en comparación con los molares posteriores utilizados para machacar la comida. El esqueleto muestra que, a semejanza de los cánidos actuales como los lobos grises, eran corredores, por lo que podían perseguir a sus presas con carreras sostenidas. Esta especie pesaba alrededor de 40kg.

Otras tres especies de grandes cánidos del género †*Protocyon* vivieron durante el Pleistoceno Temprano y Tardío (1Ma a 11.700 años antes del presente). Eran similares a *Theriodictis platensis*, aunque algo más pequeños (20-35kg) y la anatomía del cráneo (rostro más corto) y dentición (cúspides dentarias utilizadas para machacar reducidas) indican mayor especialización para una dieta hipercarnívora. Una de estas especies, †*Protocyon troglodytes*, tenía una amplia distribución en América del Sur y hacia el final del Pleistoceno Tardío llegó hasta la península de Yucatán en México.

†*Dusicyon avus* tiene abundantes registros fósiles para el Pleistoceno-Holoceno del extremo sur de América del Sur y está filogenéticamente relacionado con el aguará guazú, el zorro pitoco y los grandes cánidos fósiles recién men-



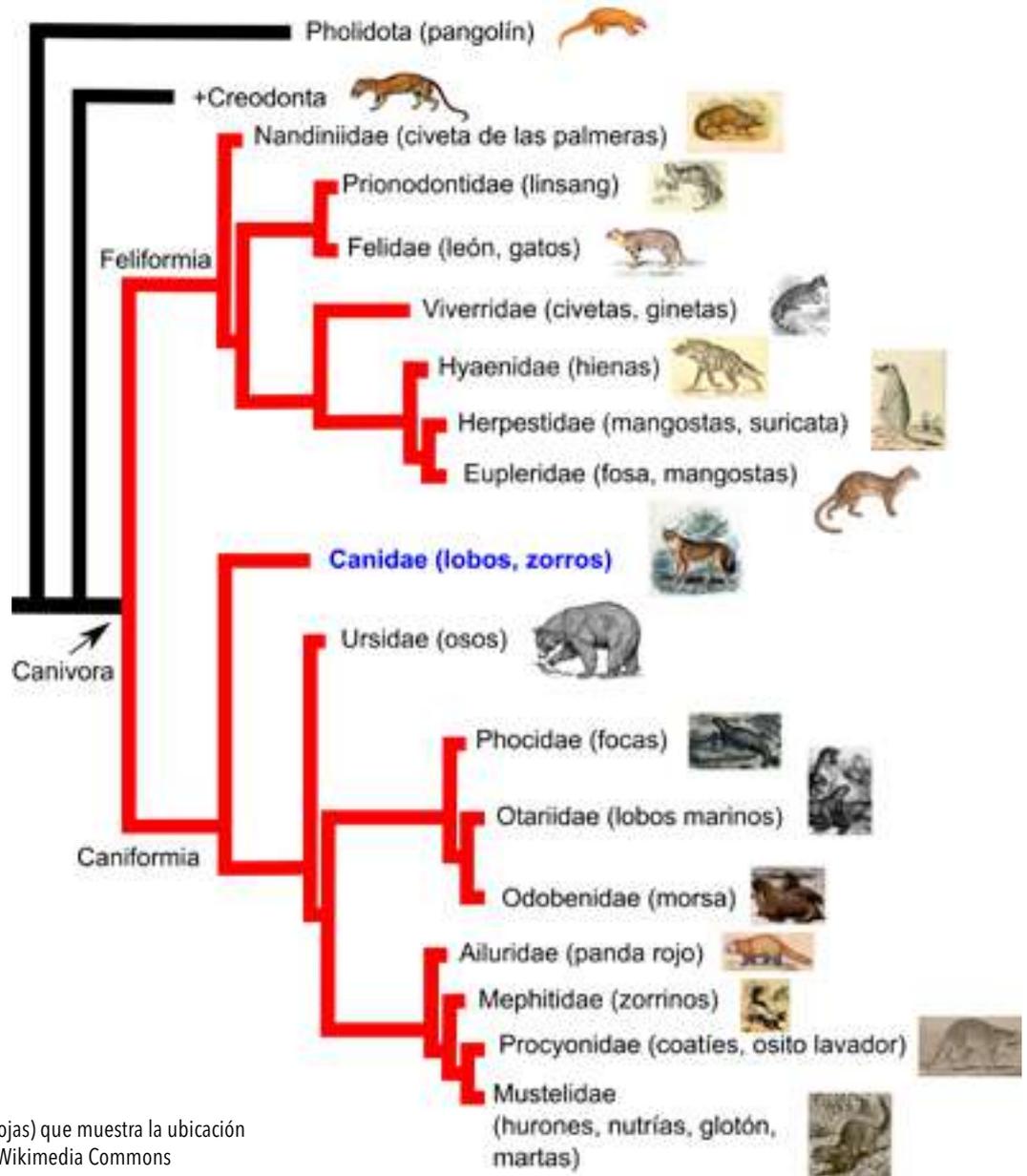
Gran cánido hipercarnívoro extinguido †*Theriodictis platensis*. **A.** Esqueleto incompleto. Museo Paleontológico Fray Manuel de Torres de San Pedro, provincia de Buenos Aires. **B.** Reconstrucción en vida durante el Pleistoceno. Ilustración Jorge Blanco



Cráneos en vista lateral de los principales grandes cánidos hipercarnívoros fósiles de América del Sur. **A.** †*Aenocyon dirus*. Museo Royo y Gómez de la Universidad Central de Venezuela. **B.** †*Theriodictis platensis*. Museo de La Plata. **C.** †*Procyon scagliarum*. Museo Municipal de Ciencias Naturales de Mar del Plata Lorenzo Scaglia.

LUGAR DE LOS CÁNIDOS EN EL ÁRBOL FILOGENÉTICO DE LOS MAMÍFEROS

Los cánidos son miembros del orden Carnivora, un grupo de mamíferos placentarios que constituyen los principales depredadores continentales, que también incluye a félidos, hienas, osos y hurones, entre otros. El orden Carnivora también contiene a los pinnípedos, un importante grupo de depredadores marinos que abarca a focas, morsas y lobos marinos. Los Carnivora se originaron en el hemisferio norte hace más de 40Ma y están emparentados con otros linajes de mamíferos vivos como los pangolines, artiodáctilos (ciervos, camélidos, pecaríes, antílopes, entre otros) y perisodáctilos (caballos, rinocerontes, tapires). Los cánidos están más estrechamente vinculados a osos, hurones, nutrias, coatis, mapaches, focas y lobos marinos, con los que constituyen el suborden Caniformia. Los otros carnívoros vivos (félidos, hienas, mangostas, etcétera) constituyen el suborden Feliformia.



Filogenia del orden Carnivora (líneas rojas) que muestra la ubicación de los cánidos. Imágenes tomadas de Wikimedia Commons



Izquierda. Reconstrucción en vida de †*Protocyon*. Ilustración Jorge Blanco
Derecha. Cánidos invasores modernos. **Arriba.** Perro pila (*Canis familiaris*), Monica S Cassels, Wikimedia Commons. **Abajo.** Perro doméstico derivado de los introducidos por la colonización europea de América.



cionados. Era un cánido mediano de hasta 15kg de masa corporal y su esqueleto era similar a la de zorros, coyotes y chacales vivos. Se habría alimentado principalmente de pequeños mamíferos (como roedores) y de carroña de carcasas de grandes mamíferos. El culpeo o zorro colorado de América del Sur (*Lycalopex culpaeus*), el coyote *Canis latrans* y los chacales vivos (por ejemplo, *Canis aureus*) pueden ser análogos ecológicos de este zorro extinguido.

El mayor cánido de las Américas en el último millón de años fue †*Aenocyon dirus*. Esta especie está relacionada con el grupo *Canis* (que incluye a lobos, coyotes y chacales, entre otros) y se originó en América del Norte hace 1Ma. De acuerdo con los pocos especímenes con datos cronológicos precisos, invadió América del Sur a fines del Pleistoceno Tardío. Morfológicamente es similar al lobo gris actual, aunque de mayor tamaño (alrededor de 60kg o más) y dentición más robusta. Fue un gran depredador que habría cazado mamíferos medianos y grandes (por ejemplo, caballos, ciervos y guanacos). También podía alimentarse de carroña aprovechando las carcasas de la megafauna con la que convivió.

Extinciones

La diversa fauna de cánidos de América del Sur se originó a partir de tres o más migraciones desde América Central y del Norte, las cuales ocurrieron durante el Plioceno Tardío-Pleistoceno. El grupo de los cánidos de América del Sur en sentido estricto (sin contar a †*Aenocyon* y *Urocyon*) experimentaron una importante diversificación potenciada probablemente por la disponibilidad de diferentes ambientes y nichos ecológicos que no estaban ocupados por otros depredadores. En el Pleistoceno se registra una gran cantidad de grandes cánidos hipercarnívoros, que ha sido explicada por el escaso número de otros grandes depredadores terrestres (tigres dientes de sable y grandes osos) en comparación con lo que ocurrió en otros continentes.

Lo mencionado nos lleva a hacernos la siguiente pregunta: ¿por qué la fauna de cánidos de América del Sur no posee grandes depredadores? Aun con la limitada información que nos aporta el registro fósil, está claro que estos cánidos han sufrido varios eventos de extinción a lo largo del Pleistoceno. Primero, hace cerca de 0,5Ma,

se extinguieron varios grandes cánidos hipercarnívoros (por ejemplo, el †*Theriodictis*). Sin embargo, los grandes cánidos hipercarnívoros desaparecen completamente hace 20.000-11.700 años antes del presente (últimos registros de †*Protocyon* y †*Aenocyon*). Este último evento de extinción estaría relacionado con la extinción masiva que sufrió la megafauna a fines del Pleistoceno. Aún está en discusión cuál fue la causa de esta extinción masiva: si fue por el ingreso del hombre a América del Sur, por cambios climáticos o por la combinación de los dos factores.



El caso de †*Dusicyon avus* es diferente. Probablemente por su menor tamaño y hábitos alimentarios menos especializados, escapó a la extinción de finales del Pleistoceno, y sus últimos restos son de hace 500 años antes del presente. Esta especie es muy frecuente en sitios arqueológicos del Holoceno (últimos 12.000 años aproximadamente), donde aparece formando parte de enterramientos humanos, y se encontraron signos del uso de sus dientes y esqueletos. Aparentemente, poseía un valor simbólico para estas sociedades humanas y, quizá, pudo haber sido amansado, aunque esto último es muy difícil de corroborar. Las causas de su extinción no son claras y podría haberse dado por cambios ambientales o la acción del hombre, incluyendo la introducción del perro doméstico *Canis familiaris* en el extremo sur de América del Sur hace algo más de 1000 años. Con la extinción de su especie hermana, el zorro de Malvinas, a fines del siglo XIX —que Charles Darwin había vaticinado al observar cómo estos zorros eran cazados por el hombre—, el género †*Dusicyon* desapareció de la faz de la tierra.

El ingreso del perro doméstico a América del Sur durante el Holoceno (al menos en los últimos 5000 años de acuerdo con lo que conocemos por el registro arqueológico) sería el último evento de inmigración de cánidos a este continente, aunque a partir de la conquista diferentes razas de perros fueron introducidas, las cuales habrían desplazado a las razas existentes previamente. Sin embargo, esta historia de invasiones caninas no necesariamente ha acabado. El coyote ha registrado un notable avance en América Central en las últimas décadas, llegando hasta Panamá, por lo que es probable que en el futuro también desembarque en América del Sur. **CH**

Biogeografía simplificada de los cánidos de América del Sur. 1. Ingreso de los 'cánidos sudamericanos'; este evento pudo haber ocurrido en más de una 'oleada' desde América Central y del Norte. 2. Ingreso de linajes de cánidos norteamericanos (*Urocyon*, †*Aenocyon*) registrado aproximadamente hace 30.000 años. 3. Ingreso del perro doméstico que, de acuerdo con el registro arqueológico, habría ocurrido hace aproximadamente 5000 años antes del presente. 4. Introducción de nuevas razas de perros domésticos ocurrido a partir de la colonización europea. La ubicación de los cánidos en el mapa no representa su distribución geográfica.

LECTURAS SUGERIDAS

- BERÓN V, PRATES L y PREVOSTI EJ**, 2015, 'La historia de los perros: mitos y certezas sobre su origen y dispersión en América y Argentina', *Ciencia Hoy*, 25 (146): 38-45.
- FORASIEPI A, MARTINELLI A y BLANCO J**, 2007, 'Bestiario fósil', *Mamíferos del Pleistoceno de la Argentina*, Albatros, Buenos Aires.
- PREVOSTI EJ & FORASIEPI A**, 2018, *Evolution of South American Mammalian Predators during the Cenozoic: Paleobiogeographic and Paleoenvironmental contingencies*, Springer, Cham.
- PREVOSTI EJ, FORASIEPI AM y ZIMICZ N**, 2013, 'La peculiar historia de los mamíferos carnívoros terrestres en América del Sur: un experimento de aislamiento geográfico, conexiones continentales y millones de años', *Ciencia Hoy*, 22 (130): 7-15.
- WANG X & TEDFORD RH**, 2008, *Dogs. Their fossils relatives & evolutionary history*, Columbia University Press.



Francisco Juan Prevosti

Doctor en ciencias naturales, FCNYM, UNLP.
Investigador principal, Conicet.
Profesor adjunto, UNLaR. Museo de Ciencias Antropológicas y Naturales.
protocyon@hotmail.com

Alfredo San Martín

Universidad Nacional de Tres de Febrero

Romero Brest y su laboratorio de fisiología

Las mediciones corporales en la génesis de la educación física en la Argentina

En las primeras tres décadas del siglo XX se desató una disputa por el monopolio del saber de una nueva disciplina escolar, la educación física. Si bien ya existían nociones acerca de los beneficios de su inclusión en la educación impartida a niños y jóvenes, su implementación aún planteaba interrogantes acerca de su naturaleza y dosificación. Distintas interpretaciones sobre esta cuestión convivían en el ámbito nacional para fines del siglo XIX, destacándose la escuela inglesa de ejercicios, la francesa, la alemana, la sueca y los ejercicios físicos de impronta militar. A principios del siglo XX esta última era la preferida por las clases dirigentes de nuestro país.

Los batallones escolares, la expresión por excelencia de la educación física militarizada, aunaban las deseables características de disciplina y orden con la liturgia a los símbolos patrios. Su imposición como práctica escolar se daba por descontada, ya que poseían el apoyo de gran parte de la población, la prensa y el beneplácito del Estado. Tanto es así que se dio la curiosa situación en que empezaron a formarse profesionales de esta disciplina en este ámbito militar, con la creación en 1897 de la Escuela Militar de Esgrima que en 1901 pasa a denominarse Escuela Militar de Gimnasia y Esgrima (EMGE), antes que en el ámbito civil. Por lo tanto, los lineamientos transmitidos responden al ideal de determinados sectores que reconocían como valiosas solo algunas prácticas corpo-

¿DE QUÉ SE TRATA?

El trabajo en el Laboratorio de Fisiología ha sido fundamental para la elección del modelo curricular de la educación física en la Argentina.

rales: esgrima para los oficiales y preparación física para la tropa y población en general, siempre inmersas en directrices morales hegemónicas y ciertos conceptos ligados al honor y el patriotismo, que determinaron un ideal de nación.

Las mediciones corporales en la génesis de la educación física en la Argentina

Sin embargo, un grupo de pedagogos de la época no compartían este entusiasmo. El más notable de ellos, Pablo Antonio Pizzurno, recurrió a la ayuda de un hombre que, como él mismo Pizzurno describiría, reunía las condiciones adecuadas para ello. Enrique Romero Brest era un joven médico higienista de origen correntino que conocía al pedagogo desde 1893, cuando acepta la oferta de un trabajo de ayudantía en Trabajo Manual y otra de Ejercicios Físicos, contenidos curriculares que se dictaban en el Instituto Normal de Caballito, institución de la que Pizzurno era director y dueño. En 1901, ocupando ya el cargo de inspector técnico de escuelas, Pizzurno convence al ministro de Justicia e Instrucción Pública, Juan Eugenio Serú, de la necesidad de contar con personal civil especializado en la disciplina que hubiera sido formado con extensos conocimientos de anatomía, fisiología e higiene. Romero Brest, llevando adelante este

enfoque anatomofisiológico, al que denominó Sistema Argentino de Educación Física (SAEF), comenzó de inmediato a formar profesionales y propició el cambio de denominación de Ejercicios Físicos por Educación Física al año siguiente; sin embargo, debió esperar hasta 1909 para contar con un verdadero laboratorio en el Instituto Nacional Superior de Educación Física (INSEF), institución que creó y dirigió.

El laboratorio constituye un concepto privilegiado en las investigaciones historiográficas acerca del desarrollo del conocimiento científico. La idea de pasar de explicaciones causales a interpretaciones de significados fue un elemento importante en la consolidación de un espacio cultural privilegiado para el análisis del funcionamiento de la ciencia. Los estudios de laboratorio evidenciaron el espectro de actividades que forman parte de la producción de conocimiento en una comunidad científica particular.

Por ello se convierte en un espacio de vital importancia para Romero Brest, ya que debe convencer a distintos actores sociales de la población de que su visión sobre la educación física era la mejor para el país en formación. Por ello insistió en imprimirle un carácter científico a los ejercicios físicos, carácter que transformó estas actividades en las prácticas que constituirán la disciplina Educación Física. Para esto debió aplicar sobre ellos los fundamentos del método experimental. Ya en *Curso superior de educación física*, de 1905, dedica íntegramente el décimo capítulo del tomo II al desarrollo de las mediciones antropométricas en el ámbito escolar.



Batallón escolar en formación, 1889. Biblioteca Nacional de Maestros (BNM)



Izquierda. Romero Brest desarrollando posturas del Sistema Argentino de Educación Física. Centro de Documentación Histórica Gilda Lamarque de Romero Brest. 1905. **Derecha.** Kinetómetro torácico de Romero Brest. 2019.

Puede apreciarse que el laboratorio se constituyó para Romero Brest, como para otros científicos, en un recurso para adquirir prestigio, tanto dentro de la comunidad académica como con el público lego. Obviamente que aprovechar la reputación que tenía la ciencia entre la población fue uno de los recursos que utilizó para acumular apoyos, público adepto que identificará estas prácticas, sus prácticas, con la producción del saber científico.

Para ello multiplicó y jerarquizó los saberes asociados a este espacio, dándoles una amplia difusión mediante la *Revista de la Educación Física*, publicación que inició sus actividades el mismo año que se inauguró el laboratorio y de la cual él era director. Los jerarquizó al ubicarlos en el último año del plan de estudios del INSEF, es decir solo para aquellos que habían logrado acceder a esta última instancia, como un corolario de la formación del profesional. Estableció para ellos una instancia teórica y una práctica en su cursada y utilizó ampliamente el registro fotográfico en sus actividades. Y eso se debió a que en este espacio físico se produjeron hechos y se legitimó el conocimiento que fundamentaría las prácticas en el ámbito de la educación física que sostenía su propuesta. La naturaleza de las prácticas discursivas, descriptivas y normativas que en él se expresaban cumplían variadas funciones.

Podemos señalar entonces que Romero Brest administró el laboratorio como un recurso que le permitió acrecentar su credibilidad, apoyándose en una tríada de tecnologías a la que tuvo oportunidad de echar mano: una tecnología material que le proporcionaba la capacidad de realizar las prácticas; una tecnología del testimonio, que el método experimental había impuesto en

Occidente en los últimos 250 años y, finalmente, una tecnología de la escritura y difusión, proporcionada por la revista y la prensa en general que le facilitaba circulación a sus ideas entre la sociedad.

Los aparatos inventados

A Romero Brest suele atribuírsele la invención de varios aparatos destinados a realizar distintas mediciones de parámetros corporales, aunque consultada la base de datos del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial no se encontró registro de su patentamiento. Su insistencia en la realización de medidas antropométricas escolares puede explicar este esfuerzo creativo. Sin embargo, puede plantearse la disyuntiva de si en realidad son aportes originales o perfeccionamientos de artefactos e ideas ya existentes. Nuestra opinión decanta sobre la segunda opción; argumentamos que ya existía una parafernalia destinada a realizar estas tareas. El título de inventor, en la sociedad decimonónica signada por el positivismo, tenía un elevado prestigio e inferimos un intento por arrogárselo.

Afirmamos que estos ingenios son perfeccionamientos de artefactos ya existentes y la prueba de ello nos la proporciona el mismo Romero Brest. En su *Curso superior de educación física* dedica el capítulo décimo, 'Mediciones antropométricas', a describir las características y los principios de funcionamiento de este tipo de artilugios. Podemos cavilar que así como consideró inadecuados ciertos tipos de concepciones europeas sobre la educa-

ción física para nuestro país, analogía mediante, meditó igualmente sobre este apartado, lo cual no deja de ser una especulación, ya que Romero Brest no dejó registro escrito acerca de las motivaciones que lo impulsaron a realizar estas innovaciones. Los aparatos a los cuales nos referimos son el cirtómetro torácico de resorte, el espirómetro hidrostático, el dinamómetro de ancho adaptable a la mano, el antropómetro milimétrico de precisión, el saltómetro doble invariable para las clases de gimnasia y el kinetómetro torácico para las mediciones de diámetros y circunferencias del tórax.

Los experimentos

Romero Brest replicó y animó a replicar ampliamente una serie de prácticas que le proporcionaban fundamento a su enfoque sobre la educación física. Los hechos reproducibles que se constataban en el laboratorio legitimaban su propuesta mientras proporcionaban elementos que permitían el cuestionamiento de los otros enfoques sobre el ámbito. Por lo tanto, elige inaugurar la *Revista de la Educación Física* con la descripción de una experiencia realizada por un miembro de su laboratorio. Agustina Maraval era una maestra normal, egresada de los cursos permanentes de educación física en 1906. Su trabajo en el primer número de la revista se titula 'In-

fluencia de los movimientos de los brazos en la respiración' y posee un protocolo bastante simple. Se valoraron los volúmenes y tiempos inspiratorios y expiratorios del tórax, valiéndose de un neumógrafo Verdín en una posición corporal y al ir cambiando esta se registraban las alteraciones en las mediciones.

La estructura simple del experimento no condice con lo relevante que fue para esta comunidad. Esa práctica proporcionó demostración a uno de los pilares de la construcción doctrinal de Romero Brest. Su propuesta sobre la educación física proponía la superioridad de los ejercicios sin aparatos, al aire libre, que favorezcan el desarrollo del sistema cardiorrespiratorio. La acción de los brazos había sido sugerida tempranamente en su obra pero nunca explicitada hasta esta fecha. Asimismo, estaba enfocada en el nudo doctrinario, aquel que fue desatado apelando al eclecticismo científico.

Puede interpretarse la práctica de Maraval como la producción de un hecho que autolegitima la doctrina de la comunidad. De aquí se desprende el interés de Romero Brest por fomentar el uso del laboratorio entre los miembros de su comunidad, miembros que tenían incorporado en su accionar el complejo sistema de normas sociales que regulan la producción de conocimiento científico en su comunidad, miembros que adherían y se comportan con el decoro epistemológico pertinente. Algo absolutamente necesario si se pretende construir la autolegitimación doctrinaria.

BATERÍA ROMERO TEST: MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE LAS HABILIDADES MOTRICES

En la actualidad, el Laboratorio de Fisiología continúa con los lineamientos planteados por Romero Brest, con el objetivo centrado en la promoción para la apropiación de saberes científicos que sustenten la actuación docente tanto en el área formal como no formal de la educación física. En función de esto, se ha desarrollado una herramienta práctica para la valoración de las habilidades motrices básicas denominada 'Batería Romero Test'. Esta es una guía práctica para la evaluación de las habilidades motrices que cuenta con cinco pruebas coordinativas que brinda información sobre el control visomotor, el ajuste espacio-temporal, el equilibrio, el dominio de las extremidades, el control postural y la manipulación de objetos, siendo su aplicación directa tanto en la educación física escolar como en el campo deportivo. Al día de la fecha se cuenta con una muestra mayor a mil sujetos evaluados, gracias al trabajo conjunto de estudiantes del ISEF y de diferentes escuelas y federaciones deportivas.

Romero Brest sostenía que 'la aplicación racional de la cultura física debe basarse forzosamente en la fisiología en

primer lugar; en consecuencia, la enseñanza de esta asignatura adquiere por ello un valor científico en el Instituto'. Actualmente el laboratorio continúa con esta consigna, brindando talleres prácticos a los estudiantes que cursan la asignatura Fisiología General, con vistas a la aplicación práctica directa de conocimientos vinculados al funcionamiento del organismo durante la práctica de la actividad física.

ISEF n.º 1 Doctor Enrique Romero Brest
Laboratorio de Fisiología del Ejercicio
isefi.laboratoriofisiologia@bue.edu.ar





Romero Brest en el Laboratorio de Fisiología, 1920. Centro de Documentación Histórica Gilda Lamarque de Romero Brest

Muestra de esta construcción al interior de la comunidad resulta ser la conferencia brindada por Romero Brest en septiembre del mismo año. 'Los ejercicios del tronco y la respiración', publicada en el tercer número de la revista, no solo comparte el uso del neumógrafo Verdín sino la estructura del protocolo con el trabajo de Maraval y utiliza parte de los datos y las gráficas producidas por esta en su fundamentación. Obviamente estas construcciones tenían además la función de demarcar las buenas prácticas dentro del ámbito de la educación física.

Resumen crítico

Como señalamos, Romero Brest debía convencer a distintos actores sociales sobre la correcta forma a adoptar por la educación física en el sistema formal de enseñanza. Para ello su principal capital pasaba por la credibilidad que tuviera su persona y sus argumentos en el medio, y en una sociedad moderna no existe mejor combustible para la credibilidad que el prestigio del científico que esgrime un argumento. Obviamente que aprovechar el prestigio que tenía la ciencia entre la po-

blación fue uno de los recursos que se utilizaron para acumular apoyos, y un público adepto que identificará estas prácticas con la producción del saber científico.

No pueden desdeñarse las consecuencias sociales que tuvo el accionar de los médicos higienistas, como lo era Romero Brest. Su figura portaba los criterios de autenticidad necesarios y el contexto social era propicio para que se aceptaran y practicaran sus disposiciones. De los efectos producidos nos compete el referido sobre las construcciones de conocimientos a ser aplicados en el ámbito de la educación física, el carácter doble de este efecto. El resultado entre las comunidades *doxa* y *logos* era el mismo: avalaba las prácticas apoyadas en el enfoque anatomofisiológico mientras que deslegitimaba las propuestas basadas en un saber que se había adquirido a través de la observación empírica, la educación física militarizada y otras propuestas, o sobre la base de cualquier otro método. Pero el límite no era solo aplicable a las prácticas; también tenía injerencia sobre qué tipos de individuos y qué normas de comportamientos eran los adecuados en este espacio. Que se estimulara el uso de tal espacio y se lo considerara público encerraba propósitos: quienes no habían sido entrenados por la comunidad podían atestiguar la veracidad de los hechos,

INFLUENCIA DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS BRAZOS EN LA RESPIRACIÓN

Primera etapa. El sujeto, conectado al neumógrafo, se encuentra en posición de pie, firme, con las manos en posición anatómica. Una vez registrados volúmenes y tiempos respiratorios normales se le pide que ejecute respiraciones profundas. Pasado este registro se le pide que siga ejecutando respiraciones profundas, elevando sus brazos lateralmente hasta la altura de los hombros al inspirar y bajándolos al expirar. Se toma registro de las nuevas modificaciones.

Segunda etapa. Las respiraciones profundas son acompañadas con una doble extensión lateral de los brazos a partir de los brazos al pecho con la palma de las manos hacia abajo y los codos hacia atrás.

Tercera etapa. Al esquema de movimiento anterior se le agrega la elevación de talones. Puede observarse que los movimientos fueron complejizándose al involucrar más segmentos corporales y sus respectivas coordinaciones sinérgicas.

quienes formaban parte de la comunidad, además, podían producir hechos y el conocimiento derivado de sus prácticas.

No puede dejarse de tener en cuenta que los individuos que eran entrenados en la realización de las prácticas en este espacio no solo siguieron las reglas del laboratorio; también comprendieron el sentido de las reglas mismas. Así no es necesario apelar solo a la regla para discriminar lo permitido de aquello que no. Los lineamientos higienistas establecen una relación de correspondencia entre el buen saber y la buena moral, por lo tanto

puede afirmarse la existencia implícita de normas sobre el apropiado comportamiento social en estas actividades. En este entramado, la deslegitimación de los saberes que no obedecían al enfoque anatomofisiológico también tenía una doble vía: no solo debían ser descartados por carecer de fundamentos epistemológicos, sino por ser inmorales.

El laboratorio del INSEF pasó a ser un lugar físico y simbólico a la vez, donde se formaron los profesionales y se legitimaron los conocimientos que dieron origen a la educación física escolar en nuestro país. 

LECTURAS SUGERIDAS

BERTONI LA, 2001, *Patriotas, cosmopolitas y nacionalistas: la construcción de la nacionalidad argentina a fines del siglo XIX*, FCE, Buenos Aires.

LEVORATTI A y SCHARAGRODSKY P, 2018, 'La formación de educadores físicos civiles y militares en los primeros años del siglo XX, Argentina', *Educación Física y Deporte*, 37 (1): 53-85.

PIZZURNO PA, 2013, *Cómo se forma el ciudadano y otros escritos reunidos*, UNIPE Editorial Universitaria, Gonnet.

ROMERO BREST E, 1905, *Curso superior de educación física: bases científicas y aplicaciones prácticas*, Las Ciencias, Buenos Aires.

SARAVÍ RIVIÈRE J, 1998, *Aportes para una historia de la educación física, 1900 a 1945*, Cooperadora del IEF n.º 1 Doctor Enrique Romero Brest, Buenos Aires.

SHAPIN S, 2015, *Nunca pura*, vol. 1: *Acerca de la historia de la ciencia*, Prometeo Libros, Buenos Aires.



Alfredo San Martín

Doctor en epistemología e historia de la ciencia, Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF).

Profesor de Introducción a la Investigación Científica, ISEF n.º 2 Profesor Federico Williams Dickens.

Investigador en la UNTREF.

sanmartinalfredo@hotmail.com

Alfonso Hernández Rodríguez

UNIPE-Conicet

La naturaleza de la guerra en la Edad Media

La guerra es un fenómeno indisoluble de la civilización, a la cual acompaña desde su origen y a la cual acompañará hasta su extinción (quizá, incluso, la cause). Sin embargo, hay muchas formas de guerra. Aunque su denominador común sea el uso de la violencia organizada para la resolución de conflictos, su naturaleza cambia de acuerdo con cada sociedad. Es conveniente estudiar la historia de los conflictos humanos no solo por el estudio en sí mismo de estos —que es un objetivo absolutamente válido— sino también porque nos permite comprender los mecanismos de los conflictos presentes. Después de todo, la guerra es un producto de la acción racional de los seres humanos.

La Edad Media es un período muy largo de la historia de Occidente. Tradicionalmente, se fecha su inicio en 476 y su finalización en algún momento entre 1453 y 1517. La discusión acerca de los límites cronológicos de esa fase histórica escapa a este escrito, pero debe quedar

claro que son límites artificiales. Para facilitar la comprensión del fenómeno de la guerra medieval, en principio dejaremos de largo el período que hoy en día es conocido como Antigüedad Tardía (los siglos IV al VII), un subperíodo en sí mismo. Baste con señalar que es el período en el que desaparece el ejército romano del Occidente europeo y, con este, la presencia imperial romana en ese extremo del continente euroasiático. Después de todo, el Estado romano es en gran medida el ejército romano. En este escrito, nos centraremos en los siglos medievales comprendidos entre el siglo VIII y el XV, o sea desde c. 700 hasta c. 1500. La necesaria brevedad de este artículo solo permite presentar los rasgos fundamentales que tomó el ejercicio de la armas en la Edad Media. Para ordenar y facilitar la lectura y la comprensión, subdividiremos el período en tres: la guerra en la Alta Edad Media (siglos VIII-XI), la Edad Media Central (siglos XII-XIII), la Edad Media Tardía (siglos XIV-XV).

¿DE QUÉ SE TRATA?

La guerra medieval tiene su evolución y sus transformaciones. Este artículo refiere a la importancia de sus recursos materiales y humanos, sus agentes y su tecnología.

La guerra en la Alta Edad Media (siglos VIII-XI)

La guerra en la Alta Edad Media está atravesada por un primer gran fenómeno: la toma del poder de la dinastía carolingia en el Reino de los Francos y la expansión pacífica o a través de las armas de este reino, que en su momento de mayor extensión llamamos tradicionalmente Imperio carolingio. La disolución de este imperio llevará a la conformación de una sociedad señorial —el feudalismo de los manuales de historia—, al surgimiento de nuevos reinos y, en la mitad oriental, al surgimiento del Sacro Imperio Romano Germánico bajo la dinastía de los otónidas primero y de los salios después.

Uno de los principales problemas para levantar un ejército en ese período fue la desaparición del fisco romano. La máquina militar tardo-romana estaba sostenida por el cobro de impuestos que permitían la producción estatal de armas y equipos militares y el mantenimiento de las legiones en forma permanente y en campaña. Esto desaparece entre los siglos VI y VII. Para movilizar un ejército (algo que se hacía casi todos los años entre fines de la primavera y el verano), los líderes carolingios tuvieron que idear un nuevo sistema.

Se atribuye a Carlos Martel —célebre sobre todo por su victoria contra los musulmanes en la batalla de Poitiers en 732— la creación del sistema de vasallaje para asegurar su control sobre la élite del reino, que es ante todo una élite guerrera. A cambio de la fidelidad de sus seguidores, el mayordomo les concederá honores, esto es, el control de tierras, títulos y cargos tanto seculares como eclesiásticos. La nobleza guerrera, descendiente de la vieja élite germano-romana, conformará el núcleo 'profesional' de los ejércitos altomedievales.

Sin embargo, es muy poco lo que sabemos acerca de la guerra en la Alta Edad Media tanto en el Imperio carolingio

(siglos VIII y IX) como en el Sacro Imperio Romano Germánico bajo los otónidas (siglos X-principios del XI). La guerra era un elemento constitutivo fundamental del rey altomedieval. Carlomagno peleó victoriosamente guerras de conquista contra numerosos pueblos, incluidas las del Reino de los lombardos y de Sajonia.

La naturaleza de la guerra en la Alta Edad Media sigue siendo un campo de controversia. Hay un problema central que es el tamaño de las guerras en ese subperíodo. Conocemos dos corrientes principales. Por un lado, ciertos medievalistas consideran que los ejércitos carolingios en campaña eran muy poco numerosos, de apenas unos 5000 efectivos combatientes aproximadamente. Otros autores consideran, en cambio, que tenemos que pensar en ejércitos al menos unas diez veces más grandes. Es una gran diferencia y una discusión que va más allá de la historia de la guerra, puesto que depende, en realidad, de la historia de la economía.

La cuestión es simple: si la economía de la Alta Edad Media era solo de subsistencia, entonces los ejércitos movilizables tenderían a ser muy pequeños. Sin embargo, hoy en día sabemos que la economía europea ya estaba en pleno crecimiento al menos desde principios del siglo VIII, por lo cual era mucho más productiva de lo que se suponía hace treinta o cuarenta años. Esta realidad permite concebir ejércitos mucho más grandes.

Los ejércitos altomedievales se componían de elementos provenientes de muchos lugares distintos que confluían en un punto de reunión prefijado. Los grandes del reino (condes y otros honores), pero también las sedes episcopales y las grandes abadías, debían colaborar enviando guerreros equipados. Ya en este período, la guerra se vuelve cada vez más compleja y el equipamiento militar, más caro. El campesino libre que iba a la guerra llamado por su rey habría desaparecido entre los siglos VIII y IX.

Esto nos lleva al siguiente problema: la caballería. En efecto, la imagen del caballero es, en nuestro imaginario, un elemento fundamental de la Edad Media y de la guerra en ese tiempo. Esta imagen ya aparece en los manuscritos ilustrados carolingios: el guerrero es un guerrero a caballo. Sin embargo, es probable que se trate de un espejismo. El guerrero aparece a caballo porque la alta nobleza carolingia va a la guerra a caballo y esas ilustraciones están hechas para ella y pagadas por ella. ¿Había infantería? Si la teoría de grandes ejércitos era real, debía haberla. No podemos ir mucho más allá de estas conjeturas. ¿Quiénes la componían y cuál era su uso en batalla? Poco nos dicen las fuentes. Algo es claro, no obstante: la aristocracia laica se veía a sí misma como una élite guerrera a caballo ya en el período carolingio, aunque la principal forma de guerra fuera la guerra de sitio y, para ello, se necesitara infantería.



Caballería Carolingia. Salterio de Stuttgart, siglo IX. www.digital.wlb-stuttgart.de

La Edad Media Central

La Edad Media Central es el subperíodo ‘clásico’ de la Edad Media. Es la época de las catedrales góticas, de los grandes castillos, de las novelas de caballería artúricas, de los trovadores y de la universidad escolástica. Es, además, el momento de auge de la caballería. Sin embargo, la caballería significa muchas cosas: es una forma de vida, es un código de conducta válido entre caballeros, que une a la alta nobleza con la baja nobleza.

Lo primero a tener en cuenta es que se trata de un período en el que hay pocas batallas campales. Contrariamente a la lógica napoleónica, que sigue impregnando nuestra idea moderna de la guerra, en esta época los líderes guerreros no buscaban las batallas campales decisivas. Son pocas las que se puede mencionar: Civitate (1053), Hastings (1066), Los Cuernos de Hattin (1187), Las Navas de Tolosa (1212), Bouvines (1214). Por otro lado –probablemente con la excepción de Hastings–, somos nosotros quienes las vemos como decisivas, porque podemos medir sus consecuencias en el mediano y largo plazo. Luego de Civitate, el dominio normando del sur de Italia fue indiscutido. Hattin implicó la pérdida definitiva del dominio cristiano sobre Jerusalén. Las Navas de Tolosa fue el punto de quiebre después del cual los musulmanes norafricanos e ibéricos no pudieron recuperar su hegemonía en Al-Ándalus. Bouvines, por su parte, señaló el comienzo del ejercicio verdadero del poder real por la dinastía de los Capetos en Francia.

Hastings es un caso aparte. La conquista normanda de Inglaterra significó la aniquilación del ejército sajón y la posterior desaparición de la aristocracia guerrera sajona. Era muy raro en Occidente que una aristocracia (la normanda) destruyera por completo a otra (la sajona). Podría compararse, tal vez, con las consecuencias de las cruzadas contra los albigenses en el sur de Francia, pero en ese caso se trató más bien de una sucesión de campañas que se extendió por buena parte del siglo XIII.

La Edad Media Central, como decíamos, es el momento de auge de la caballería. Los conflictos se dirimían generalmente en combates de pequeña escala entre señores y sus séquitos de guerreros a caballo. En algunos casos, sabemos que eran grandes séquitos, como en Bouvines. Sin embargo, la infantería nunca estuvo ausente. De hecho, era el arma necesaria para sitiar y tomar castillos, fortalezas y ciudades, un trabajo arduo y agotador.

No es menos cierto que la historia de las guerras, las expediciones y los combates sigue siendo contada por y para la élite guerrera, que iba a la guerra a caballo, momento en que la caballería se convertía en fuer-



Batalla de Hastings. Sección del tapiz de Bayeux. Siglo XI. Wikimedia.org

za de choque. La imagen del caballero en su armadura de cota de malla o de cuero con placas de hierro cosidas cargando frontalmente contra el enemigo surge en este período. De la infantería, que fue fundamental para que Guillermo el Conquistador triunfara en Hastings, sabemos poco.

La Edad Media Central fue también el momento de las Cruzadas, que son tanto las expediciones que llevan, por ejemplo, a la conquista de Jerusalén en 1099, como un movimiento constante de individuos que van de peregrinación a Tierra Santa y combaten como parte de su penitencia. Es en este contexto cuando se dan dos fenómenos que parecen extraños –y es que lo son– dentro de una religión como la cristiana que, sin ser pacifista, es pacífica. Se trata, por un lado, de la aparición del concepto cristiano de guerra santa, como evolución de la idea clásica de guerra justa, pero con el agregado de la asimilación del muerto en combate en cruzada con el mártir y, por lo tanto, con la promesa de salvación automática y vida eterna.

La cruzada fue también el mayor proyecto de un papado en busca de mecanismos para la instauración de una teocracia papal sobre la cristiandad occidental. Un proyecto que, hoy sabemos, fracasaría. La figura de san Bernardo de Claraval fue fundamental tanto para la fundamentación teórica de la idea de guerra santa y, sobre todo, de caballero cristiano, como para la afirmación de otro de los extraños fenómenos guerrero-religiosos de esta época: las órdenes militares.

Al final de la Edad Media Central podemos ver la aparición casi súbita de la infantería pesada derrotando en una formación cerrada con escudos y lanzas las cargas de la caballería. Esto sucedió en Courtrai en 1302, cuando el ejército francés de Felipe IV, el Hermoso, fue derrotado en una batalla campal. Fue una gran noticia en su momento: una milicia urbana aguerrida y con experiencia de combate, pero compuesta por comerciantes y ar-

tesanos a pie, derrotaba a la caballería pesada francesa al presentar contra esta un dispositivo cerrado de infantería pesada, escudos y lanzas largas.

La Baja Edad Media o Edad Media Tardía

Los siglos XIV y XV son los siglos finales de la Edad Media, y percibimos que la práctica de la guerra se transformará mucho en ese período. Las causas de este cambio veloz son también múltiples. La más significativa probablemente sea la progresiva centralización de la autoridad monárquica en algunos de los reinos de Europa, que ya se había iniciado en el siglo XIII, pero que en estos siglos implicará el nacimiento de los Estados tardomedievales, muchos de los cuales serían las bases de las primeras monarquías modernas. La aparición del poder monárquico centralizado y centralizador, primero en Portugal, Castilla, Aragón, Francia e Inglaterra, es otro gran y complejo tema, pero a nosotros nos importa una cuestión en particular: la configuración de un fisco real cada vez más eficiente.

Es muy difícil hacer una historia del desarrollo de la fiscalidad en Occidente a fines de la Edad Media, pues

son historias muy diversas y cambian con cada reino. Por ejemplo, la fiscalidad de Castilla era la más eficiente del período y anterior a la de los demás reinos europeos. Nos interesa aquí que la capacidad de cobrar impuestos por parte de los reyes alimentaba la capacidad de movilizar ejércitos y que, a su vez, la guerra aumentaba la capacidad de cobrar impuestos. Los impuestos establecidos para financiar la guerra de los Cien Años, por ejemplo, están en la base de la moderna fiscalidad francesa. Asimismo, el impuesto ‘de cruzada’ se convertiría en parte de la fiscalidad real que se seguía cobrando, aunque en este período los reyes no fueran ya casi nunca de cruzada.

El ocaso de la Edad Media es un tiempo de crisis económicas, religiosas —cisma de Occidente—, demográficas (por la peste negra, principalmente), pero también de guerras endémicas. El más célebre de estos conflictos puede que sea la llamada guerra de los Cien Años (1337-1453), que no es una sola sino más bien una sucesión de guerras que por momentos afectaron no solo a Francia e Inglaterra sino también a la península ibérica.

Aunque menos reproducido por la memoria histórica, en aquellos años se produjo también el conflicto que enfrentaría en el sur de Italia y en el Mediterráneo occidental a aragoneses y angevinos. Las guerras entre ciu-



Donjon o torre del homenaje del castillo de Vincennes, cerca de París, construida entre 1340 y 1410. Foto del autor

dades italianas eran constantes y continuarían en el siglo XVI. Estos conflictos son particularmente importantes porque nos legaron la figura del *condottiero*. Los *condottieri* eran compañías de mercenarios al mando de un capitán, que firmaban un contrato (*condotta*) y luchaban al servicio de una ciudad determinada. Aunque no fueran una gran novedad en sí, puesto que los ejércitos de mercenarios habían ya formado parte de la guerra medieval en el pasado (en el ejército normando en Hastings, por ejemplo, así como entre las fuerzas francesas e inglesas en la guerra de los Cien Años), esta vez había una importante diferencia: algunas de esas compañías firmarían contratos año tras año y se convertirían de facto en ejércitos estables de las ciudades italianas. En Italia —donde todo parece suceder antes— podemos ver, entonces, el origen del ejército profesional permanente moderno.

La aparición de una fiscalidad cada vez más amplia y más o menos eficiente que alimentaba la guerra y era, a su vez, alimentada por ella, la profesionalización —aunque fuera parcial—, la aparición de masas de infantería pesada fueron todos elementos que hicieron de los ejércitos fuerzas cada vez más grandes, más eficientes y mucho más destructivas. Contrariamente al presupuesto ilustrado de una Edad Media brutal, anárquica y en guerra permanente, cuanto más nos acercamos a la Modernidad la guerra se vuelve un fenómeno mucho más grande y más destructivo.

El final de la Edad Media y los inicios de la Modernidad están marcados por uno de los fenómenos históricos más importantes de Occidente: la revolución militar. Este fenómeno fue producto de los elementos mencionados en el párrafo anterior, al que debemos sumar la aparición de la pólvora y las armas de fuego. Aunque los primeros testimonios del uso de la pólvora en Europa datan del siglo XIII, en verdad su uso militar efectivo se da entre principios y mediados del siglo XV. Aunque no es la única razón militar y estratégica, se puede decir que

la artillería de pólvora desplegada por el rey de Francia le permitiría tomar los puntos fuertes ingleses del continente, particularmente en Normandía (reconquista finalizada luego de la batalla de Formigny en 1450), con una velocidad nunca vista.

La artillería de sitio obligaría a los ejércitos a abandonar la protección de los muros de piedra de los castillos y las fortalezas medievales, por cuyo control se luchaba, y a arriesgarse a pelear batallas campales. Las consecuencias de este cambio en la organización militar y estatal serán inmensas. El sitio había sido el eje fundamental de la guerra medieval, pero la pólvora cambiaría definitivamente las condiciones. Por otro lado, la última batalla campal de la guerra de los Cien Años sería la primera cuyo desenlace se decidiría por el uso de armas de fuego. Básicamente, los ingleses tuvieron la idea equivocada de atacar frontalmente a la artillería de sitio francesa en Castillón (1453), que diezmó sus fuerzas; aun así, fue la caballería francesa quien terminó el trabajo. La guerra medieval, que era ante todo guerra de sitio, pasaba a ser, como decíamos, guerra a campo abierto. De ahí que la batalla campal, mucho más sangrienta, será la nueva forma de combate.

Todas las tácticas tradicionales debieron reformularse en función de este cambio, pero esto tuvo, también, consecuencias en el plano estratégico. Solo aquellos Estados centralizados y con una fiscalidad eficiente serían capaces de pagar los carísimos trenes de artillería de sitio, como los utilizados por los Reyes Católicos para conquistar los puntos fuertes del Reino de Granada en 1492 y adquirir el control cristiano total de la península. En Italia —siempre antes, ya lo dijimos—, por su parte, se inventaría otra nueva forma de arquitectura militar: la traza italiana, que va a producir esas magníficas —y carísimas también— fortalezas y fuertes en estrella que están regados por toda Europa y América, pero todo esto es ya historia de la guerra en la Modernidad. 

LECTURAS SUGERIDAS

BACHRACH B, 2002, *Warfare and Military Organization in Pre-Crusade Europe*, Ashgate, Londres.

CONTAMINE P, 1984, *La guerra en la Edad Media*, Labor, Barcelona.

KEEN M (ed.), 2005, *Historia de la guerra en la Edad Media*, Océano, Madrid.

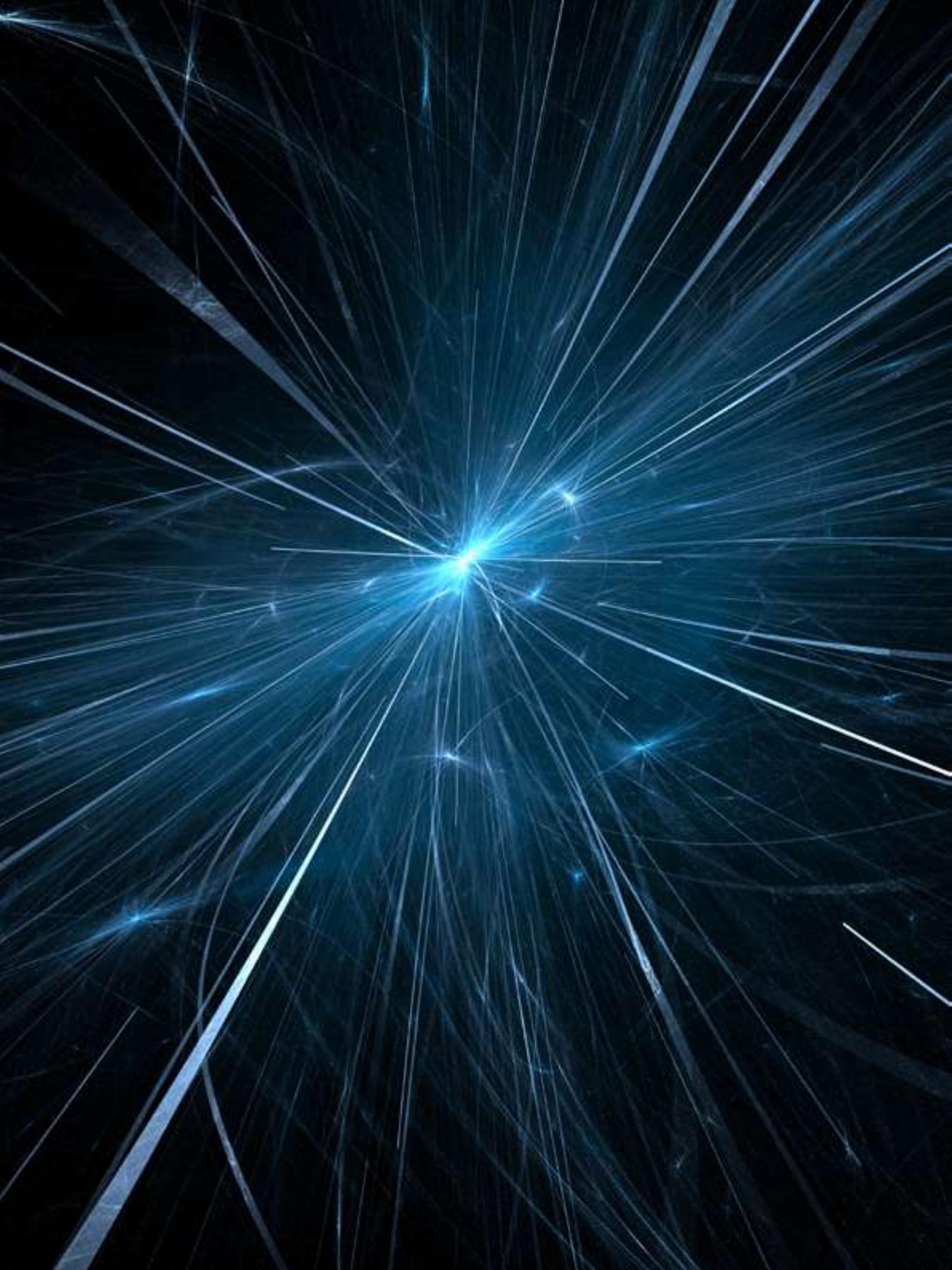
NICHOLSON H, 2003, *Medieval Warfare: Theory and Practice of War in Europe 300-1500*, Palgrave, Nueva York.

PARKER G (ed.), 2005, *Historia de la Guerra*, Akal, Madrid.



Alfonso Hernández Rodríguez

Doctor en historia, Universidad de París y UBA.
Profesor asociado de Historia Medieval, UNIPE.
Investigador adjunto en el Conicet.
alfonsohernandez1974@gmail.com



Gabriela Aurelio, Astrid Bengtsson y Karina Pierpauli

LAHN, CNEA

El Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones ¿qué es?, ¿para qué sirve?

El estudio de la materia, en todas sus formas, constituye una de las áreas más extensas del conocimiento científico y nos permite ir desde la comprensión del funcionamiento celular hasta el desarrollo de innovadores materiales tecnológicos. Entender la materia nos habilita a proponer soluciones a los desafíos que afrontamos hoy en día como sociedad en áreas de medio ambiente, salud, alimentos, eficiencia en transporte, comunicaciones, fuentes de energía renovable y conservación del patrimonio cultural y natural.

Hay tres sondas fundamentales que se utilizan para explorar la materia: los electrones, los fotones y los neutrones. La mayor parte de lo que llamamos instrumenta-

ción científica –aquellos aparatos y herramientas que se emplean para realizar experimentos y obtener información sobre el funcionamiento de las cosas– utilizan alguna de esas tres sondas. Así es como, por ejemplo, un microscopio óptico emplea un haz de luz visible (compuesto por fotones) para obtener una imagen aumentada de un objeto de tamaño microscópico, es decir, del orden de los micrómetros, y un microscopio electrónico emplea haces de electrones para revelar ciertos otros detalles, aún más pequeños, en la escala de los nanómetros.

Durante las últimas décadas, el increíble progreso tecnológico ha abierto nuevas puertas para construir herramientas cada vez más sofisticadas, que permiten a la ciencia expandir las fronteras del conocimiento de la

¿DE QUÉ SE TRATA?

Técnicas de origen nuclear dedicadas al análisis detallado de muestras que permiten resolver problemas tanto científicos como industriales.

Las *técnicas neutrónicas* son un conjunto de herramientas experimentales cuyo funcionamiento requiere el uso de haces de neutrones con un flujo elevado. Estos haces solo pueden conseguirse en reactores de investigación y en fuentes pulsadas o aceleradores. Cada técnica permite abordar diferentes aspectos del estudio de la materia, y el instrumento que hace falta construir para usarla tiene sus propias características. Algunas permiten obtener 'imágenes' del interior de grandes objetos, opacos a la vista, como fósiles de dinosaurios o elementos arqueológicos de nuestro patrimonio que se deben estudiar sin destruir. Otras permiten estudiar el orden magnético en un material diseñado para un almacenamiento eficiente de información, algunas permiten estudiar cómo se comporta el

ion litio en una batería en funcionamiento, o cómo se puede almacenar hidrógeno en un cierto material para las nuevas tecnologías verdes. Hay técnicas neutrónicas para estudiar la estructura interna de membranas biológicas que cumplen funciones complejas, o la estructura cristalina de proteínas para avanzar en nuestra comprensión de enfermedades. El carácter transversal de las técnicas neutrónicas, por ser aplicables en un espectro muy grande de problemas, les concede un alto impacto social.

En los próximos artículos desarrollaremos cómo se emplean las técnicas neutrónicas en algunas ramas destacadas de la ciencia en la Argentina como la paleontología, las energías verdes y los nuevos materiales para una sociedad sostenible.

materia. Comenzaron a construirse las llamadas grandes instalaciones experimentales, lugares donde la instrumentación y el nivel de equipamiento científico exceden la escala de un laboratorio convencional y proveen a la comunidad científica de herramientas de gran porte y complejidad. Un ejemplo de estas grandes instalaciones, agrupadas bajo el término *Big Science* ('ciencia grande'), es el centro europeo de física de partículas, el Centre Européen pour la Recherche Nucleaire (CERN) donde opera el gran acelerador de hadrones Large Hadron Collider (LHC). En el CERN se hacen chocar haces de partículas subatómicas a gran velocidad y se analizan los productos para descubrir nuevas partículas o nuevos mecanismos físicos de interacción.

Existen también otros laboratorios de gran escala que producen las sondas descritas, como los sincrotrones, que generan fotones de alta energía, y las fuentes de neutrones. Se trata de verdaderas proezas tecnológicas que han ampliado los límites de sensibilidad y resolución espacial y temporal de las mediciones, logrando que el estudio de la estructura de la materia y su dinámica pueda hacerse a un nivel cada vez más detallado y con fuerte impacto en el avance científico. Esto permitió desarrollar nuevos materiales con mejores propiedades para cada aplicación y este éxito hizo que las grandes instalaciones comenzaran a replicarse y aumentar en número, tamaño y complejidad alrededor del mundo.

Haces de neutrones

El uso de haces de neutrones para el estudio de la materia tiene, en la Argentina, una larga historia liderada por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Allí,

desde hace varias décadas, se han consolidado grupos de investigación que realizaron, y realizan, aportes significativos en el área de técnicas neutrónicas y que han sido, además, semillero de formación de recursos humanos.

El Laboratorio de Haces de Neutrones (LAHN), un nuevo centro de investigación dedicado al estudio de la materia mediante técnicas neutrónicas, albergará la primera gran instalación experimental de haces de neutrones en Latinoamérica. Para alcanzar la categoría de clase mundial, contará con un flujo elevado de neutrones, superior a los 100.000 neutrones por cm^2 y por segundo sobre la muestra, provistos por el Reactor Argentino Multipropósito RA-10, un reactor de investigación que la CNEA está construyendo en la localidad bonaerense de Ezeiza. El reactor produce haces de neutrones que son transportados hacia un conjunto de instrumentos avanzados.

El LAHN ofrecerá capacidades comparables con las de los más modernos y avanzados laboratorios de investigación con técnicas neutrónicas internacionales, como el Australian Center for Neutron Scattering (ACNS) en Australia, el Instituto Laue-Langevin (ILL) en Francia y el Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) en Alemania. El australiano ACNS, cuyos haces de neutrones son producidos en el reactor OPAL diseñado y construido por la empresa rionegrina INVAP, es un caso emblemático. Abrió sus puertas en 2007 con siete instrumentos; hoy cuenta con quince. Recibe la visita anual de alrededor de setecientos usuarios del sector académico y la demanda del sector privado-industrial ronda el 5% del tiempo total de haz. Ante esta sobredemanda de sus instrumentos hay un proyecto de ampliación en marcha.

El LAHN operará como lo hacen las llamadas 'instalaciones orientadas a usuarias y usuarios', donde los la-

boratorios son visitados por períodos breves (entre dos y cinco días) por científicas y científicos de distintas disciplinas. Durante la visita, estos equipos de trabajo realizan los experimentos por sí mismos, contando con la asistencia científica y técnica del personal del LAHN. Para tener acceso a estas visitas, los experimentos propuestos deben ser formulados de forma tal de dar respuesta a un problema concreto. Pasan luego a una etapa de evaluación previa con el fin de garantizar su factibilidad técnica así como la relevancia y pertinencia de la técnica neutrónica elegida para la resolución de ese problema. Este sistema, implementado en muchas grandes instalaciones, asegura una contribución significativa al conocimiento.

Un poco de historia

En 2010, en el marco del Plan Nuclear Argentino, la CNEA, en asociación con INVAP, emprendió el desafío de diseñar, construir, operar y explotar un reactor de investigación de clase mundial que denominamos actualmente 'Reactor Multipropósito RA-10'. Este lanzamiento representó una oportunidad para el desarrollo de varios campos de la tecnología, como el reposicionamiento y

la diversificación en la producción de radioisótopos, el desarrollo de combustibles nucleares, la posibilidad de convertir a nuestro país en uno de los pocos países productores de silicio dopado por transmutación neutrónica de alto impacto industrial, entre otras cosas.

Abrió también la posibilidad de disponer, por primera vez en la Argentina, de haces de neutrones de alto flujo que permitiesen implementar técnicas neutrónicas experimentales de vanguardia. Ante esta oportunidad, la comunidad regional de usuarias y usuarios de estas técnicas, que ya tenía experiencia realizando este tipo de experimentos en centros internacionales, comenzó a organizarse. La convergencia de voluntades de investigadores e investigadoras sumada al apoyo y la convicción de las autoridades de la CNEA se materializó en 2014 con la creación del Proyecto Laboratorio de Haces de Neutrones del RA-10. Los dos años siguientes sirvieron para formular un plan estratégico que permitiera transformar las ideas preliminares en acciones concretas.

En 2015 el LAHN se incorporó a la estructura orgánica de la CNEA y comenzó a integrarse el equipo de trabajo responsable de llevar adelante el plan para implementar el laboratorio, basado en la definición de cuatro objetivos estratégicos:



El reactor RA-10 en construcción, 2022. Foto CNEA

- Consolidar una comunidad de usuarios y usuarias del sector científico-tecnológico e industrial nacional y regional.
- Implementar un laboratorio nacional, abierto y orientado a usuarias y usuarios.
- Formar los recursos humanos necesarios tanto para el desarrollo como para el funcionamiento del LAHN.
- Consolidar a la República Argentina como un referente en la región en esta área.

En pocas palabras, el LAHN se concibe como un laboratorio nacional de caracterización por técnicas neutrónicas de vanguardia, puesto a disposición de los sectores académicos, tecnológicos e industriales tanto argentinos como latinoamericanos.

¿Qué se podrá estudiar en el LAHN?

El laboratorio abrirá sus puertas a la comunidad científica con un conjunto inicial de cinco instrumentos. Para planificar los instrumentos a instalar y su progresión, se utilizó una metodología inclusiva que convocó a la comunidad científica argentina en pleno a manifestar su interés mediante la presentación de documentos planteando las líneas de investigación que se verían impulsadas gracias a contar con estas herramientas. Estos documentos, llamados 'Casos Científicos del LAHN', tuvieron

así un carácter transversal, multiinstitucional y federal y sirvieron para demostrar el interés de la comunidad en disponer prioritariamente de ciertas técnicas neutrónicas, como dispersión de pequeño ángulo, difracción de polvos y de objetos, reflectometría de neutrones polarizados y técnicas de imágenes por neutrones.

Dos de los instrumentos, de una gran complejidad tecnológica, están siendo desarrollados íntegramente por la CNEA. Para ello se convocó a especialistas de la institución en temas como blindaje de radiación, óptica neutrónica, detectores, diseño mecánico, control y automatización, criogenia, etcétera. Se llamó, además, a científicos de varias disciplinas especializados en la aplicación de estas técnicas de medición. De esta forma, integrando saberes existentes con la generación de nuevas capacidades adquiridas a través de capacitaciones, estadias en el exterior y colaboraciones institucionales, se abordó un desafío tecnológico de gran envergadura como es el diseño y la construcción de instrumentación neutrónica.

Los restantes tres instrumentos, destinados a las técnicas de dispersión a pequeño ángulo y reflectometría, serán transferidos al LAHN provenientes de dos laboratorios internacionales, con los cuales se firmaron acuerdos de cooperación. Esta segunda estrategia responde a una necesidad de entrenamiento con tecnologías ya bien establecidas, que permitan dar respuesta rápida a las demandas de la comunidad científica, para luego abordar el desafío de la innovación sobre estas técnicas.



Imagen digital del complejo científico-tecnológico RA-10 en el Centro Atómico Ezeiza, que incluye las instalaciones de instrumentación neutrónica del Laboratorio Argentino de Haces de Neutrones (LAHN). Imagen digital CNEA

Creando comunidad

El LAHN cuenta con una serie de programas bien establecidos para ofrecer capacitaciones a su personal, así como a toda la comunidad científica que podrá hacer uso de las instalaciones al ponerse en marcha. La Escuela de Posgrado ETNA (Escuela de Técnicas Neutrónicas Aplicadas) se realiza anualmente desde 2016, con la participación de alrededor de treinta graduadas y graduados en cada una de sus ediciones, y con un plantel de docentes formado por expertas y expertos nacionales e internacionales. También se organizan cursos de posgrado sobre diferentes temáticas donde se emplean técnicas neutrónicas, y se colabora con otros centros similares para el intercambio de profesionales y entrenamiento especializado.

Proyectos de esta magnitud solo son posibles con el acompañamiento de políticas públicas en ciencia y tecnología que fortalezcan las estrategias de formación de recursos humanos y de promoción del uso de técnicas neutrónicas para que todas las instituciones del país se involucren y participen activamente, desde el momento de su implementación hasta su posterior funcionamiento y explotación en beneficio de todo el sector, logrando que el LAHN realmente se convierta en un laboratorio nacional.

El gran potencial del LAHN, una ventana a lo que será

El LAHN tiene previsto abrir sus puertas para comenzar a realizar experimentos en 2025, una vez puesto en marcha y obtenido el licenciamiento del Reactor de Investigación Multipropósito RA-10.

A partir de ese momento, a través de convocatorias semestrales, equipos de investigación de todo el mundo podrán solicitar 'tiempo de haz', es decir, un período habitualmente de algunos pocos días, en los cuales un instrumento dado se pone a su disposición para realizar experimentos, con el acompañamiento y la asesoría permanentes de personal científico y técnico del LAHN. También puede solicitar tiempo de medición el sector privado e industrial, para que las técnicas neutrónicas ofrezcan respuestas a problemas muy específicos.

Las aplicaciones son muchas y en futuros artículos desarrollaremos algunos ejemplos emblemáticos del uso de las técnicas neutrónicas en distintas disciplinas como el estudio de materiales para una transición energética, en el área de la paleontología, en la de patrimonio cultural, y en la búsqueda de soluciones para una sociedad más sustentable. 

LECTURAS SUGERIDAS

ANDERSEN PH & ÅBERG S, 2017, 'Big-science organizations as lead users: A case study of CERN', *Competition and Change*, 21 (5): 345-363. doi.org/10.1177/1024529417724025

ARGYRIOU DN, 2019, 'Large-science facilities must continue to add value to the scientific community', *International Union of Crystallography Journal*, 6: 782-783. doi.org/10.1107/S2052252519011709

HEINZ MAIER-LEIBNITZ ZENTRUM (MLZ), 2019, 'Societal impact report on the research neutron source Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) and its scientific use'. mlz.garching.de/media/societal-impact-report-online.pdf



Gabriela Aurelio

Doctora en física, Instituto Balseiro, Universidad Nacional de Cuyo.
Investigadora en la CNEA y responsable del área de vinculación nacional e internacional. LAHN.
Investigadora del Conicet.
lahn@cnea.gov.ar



Astrid Bengtsson

Doctora en psicología, Universidad Autónoma de Madrid.
Docente en la Maestría en Ciencia, Tecnología e Innovación y Especialización en Divulgación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de la Universidad Nacional de Río Negro.
Investigadora de la CNEA en el LAHN.



Karina Pierpauli

Ingeniera química, Universidad Nacional del Litoral.
Investigadora y jefa de Departamento de la CNEA y directora ejecutiva del LAHN.

A partir de este número y en cuatro entregas, CIENCIA HOY publicará parte de la charla, con algunas modificaciones, que el profesor Pablo Jacovkis ofreció en la Academia Nacional de Geografía el 4 de mayo de 2022 en ocasión de su nombramiento como académico titular. El trabajo de Jacovkis es a la vez histórico y actual y ofrece una visión de la interacción entre dos disciplinas que no es común de ver.

Pablo Miguel Jacovkis

UNTREF

Matemática y geografía: una historia compartida

Parte 1: un poco de historia

La matemática y la geografía están profundamente entrelazados desde hace muchos años. Hagamos un poco de historia: en Occidente, la matemática ‘empírica’, es decir, sin demostraciones y simplemente aceptando algunas reglas por razones experimentales, era utilizada con propósitos impositivos, censales, astronómicos (en forma que puede considerarse muy cercana a la geografía)... y para mensura, cálculo de distancias entre localidades, y muchas otras actividades claramente del ámbito de la geografía.

Cuando en Grecia la matemática se convirtió en una ciencia, es decir, cuando los griegos, en un toque incomparable de genio, a partir de Pitágoras y de su escuela, y sobre todo a partir del libro inmortal de Euclides

Como observa por ejemplo Lancelot Hogben en su libro clásico de 1960, la determinación de la latitud a partir de la Estrella Polar se basaba en dos postulados: la suma de los ángulos de un triángulo es igual a dos ángulos rectos, y el plano del horizonte es tangente a la superficie de la Tierra; el método era ya usado por los navegantes antiguos: un uso de la geometría desde tiempos lejanos.

(que durante mucho tiempo fue el libro más leído en el mundo, o al menos en Occidente, después de la Biblia) empezaron a usar demostraciones matemáticas a partir de axiomas básicos, la geografía recibió un espaldarazo

¿DE QUÉ SE TRATA?

La relación histórica y actual entre las matemáticas y la geografía.

muy significativo. Eratóstenes de Cirene (276 a.C.-194 a.C.), uno de los primeros geógrafos (y el más completo de la antigüedad), era además matemático y astrónomo (además, parece ser, de poeta y filósofo); su cálculo de la medida de la circunferencia de la Tierra, aunque aproximado, es una obra maestra de combinación del método deductivo con el experimento, con uso de la trigonometría —área de la matemática cuya relación con la geografía es casi obvia— para producir un gigantesco avance en el conocimiento de la geografía de la Tierra. Acuñó el término ‘geografía’, y sus admirables aportes pueden verse, por ejemplo, en el fenomenal trabajo de recopilación de fragmentos de su *opera magna*, que lleva naturalmente ese nombre, traducidos al inglés por Duane W Roller, quien además los completó con comentarios al respecto.

Y otro grande de la antigüedad, unos siglos después, fue Claudio Ptolomeo, astrónomo, matemático y geógrafo. Si bien su visión geocéntrica del universo quedó ampliamente refutada por Copérnico y sus sucesores (entre ellos el más notorio, por supuesto, fue Galileo, cuyas opiniones heliocéntricas le causaron gravísimos problemas con la Iglesia), Ptolomeo, quien vivió en Alejandría entre alrededor del año 100 de nuestra era y el año 170, fue un científico excepcional para su época. Aparte de su uso de geometría en su *Almagesto* y su *Geografía*, se puede decir, con un cierto toque de humor, que su catálogo de alrededor de 8.000 localidades, con sus coordenadas geográficas, incluido en su *Geografía*, fue la mayor base de datos de la antigüedad... mucho antes de la aparición de la computadora.

En lo que sigue trataré de dar solamente un pantallazo de la relación entre ambas disciplinas, con muchas omisiones, por supuesto, y advirtiendo además que, en los últimos años, la relación entre geografía y matemática se ha convertido en un *ménage à trois* ya que se ha incluido indiscretamente la ciencia de la computación, en una serie de áreas en las cuales la frontera entre la matemática y la computación es difusa.

Si tomamos por ejemplo (entre muchas otras posibles y similares) la definición de geografía (que se puede ver en internet) del *Cambridge Dictionary*, tenemos que la geografía es el estudio de los sistemas y procesos involucrados en el tiempo, montañas, mares, lagos, etcétera, del mundo, y de las maneras mediante las cuales los países y los pueblos organizan la vida en una región. Por supuesto que basta hurgar un poquito en internet para encontrar muchas otras definiciones, pero esta definición (como todas las otras, con mayor o menor detalle) satisface la idea intuitiva que uno tiene de la geografía, que permite dividirla, en primera aproximación, en geografía física y geografía humana. Y en ambas ramas de la geografía la matemática se inmiscuye, y mucho. Por supuesto que puede haber otras clasificaciones: una clasi-

ficación un poco distinta, pero a mi juicio también digna de atención, es la que indica Luis Freile en su trabajo de 1954 (‘The need of mathematics in geography’, *Proceedings of the Oklahoma Academy of Sciences*, 158-160) sobre la necesidad de matemáticas en la geografía: 1) ciencia del planeta; 2) ciencia de las relaciones (naturaleza respecto de la naturaleza, naturaleza respecto de los seres humanos y de los seres humanos respecto de la naturaleza), y 3) ciencia de las distribuciones (fenómenos de ocurrencia cultural o natural). Como dice Freile, ‘el geógrafo necesita la matemática como ayuda para coordinar aquellas experiencias para las cuales los criterios cualitativos no alcanzan para brindar un sistema lógico completo’. Es interesante el listado de las áreas de la matemática usadas en geografía que hace Freile en 1954: álgebra, geometría (teórica, dividida en plana y esférica, y aplicada, dividida en sólida y estereométrica), determinantes y análisis de curvas, trigonometría (plana y esférica), geometría analítica, cálculo infinitesimal y probabilidades. Independientemente de algunas imprecisiones (por ejemplo, probablemente Freile incluyó la estadística dentro de las probabilidades), vemos que algunas de esas áreas, como la geometría, son muy antiguas; el álgebra en su forma actual (independiente de la geometría) empezó más o menos a enfocarse en el siglo IX, con los aportes del gran matemático persa al-Juarismi (en esa época la joven civilización islámica era muchísimo más avanzada y refinada que la europea), el cálculo infinitesimal con Newton y Leibniz en el siglo XVII y las probabilidades, también en el siglo XVII, con los aportes de Pascal y Fermat, curiosamente incitados por un empedernido jugador de cartas, el caballero de Méré. Pues bien, ahora, poco más de sesenta años después, la lista de áreas matemáticas utilizadas en geografía es muchísimo mayor. Por supuesto los geógrafos son plenamente conscientes del cada vez mayor uso de la matemática (en particular de ‘nueva’ matemática) en su disciplina, como lo observó perfectamente Cochlaine King en 1970 (‘Mathematics in geography’, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 1 (2): 185-205). King resalta en particular la aparición del análisis de patrones de puntos, en particular análisis de redes; esos patrones pueden ser estáticos o dinámicos, los cuales cambian con el tiempo debido, muy probablemente, a diversos procesos: y si tenemos sobre una misma región dos distribuciones de patrones distintas, muy probablemente se requerirán técnicas estadísticas para analizarlas.

A mi juicio, hubo dos grandes momentos en la historia de la matemática que influyeron profundamente en su relación con la geografía: uno fue la invención del cálculo diferencial e integral casi en simultáneo con la formulación rigurosa de la teoría de las probabilidades, y el otro es la aparición de la computadora. Por supuesto la computadora influyó primero en la matemática, permitiendo

el desarrollo de nuevas áreas relacionadas sea con el análisis numérico, sea con el tratamiento de datos (se puede decir que, simplificando mucho, la computadora permitió hacer cuentas más rápido con muchos más datos, y hacer muchas cosas nuevas muy valiosas con esa cantidad nueva de datos); simultáneamente, a medida que la capacidad de almacenamiento de las computadoras creció vertiginosamente, el propio manejo de datos se convirtió en un área de la ciencia de la computación (un área con muchas facetas matemáticas) que hasta llegó a ‘independizarse’ con el nombre de ciencia de datos, obviamente con muchas aplicaciones en geografía.

De las aplicaciones ‘clásicas’ de la matemática (o, más propiamente, de la geometría) en la geografía sigue siendo incomparable, en mi opinión, el deslumbrante libro *Mathematical Geography*, de Willis Johnson (Nueva York, American Book Company), pese a que fue publicado en 1907; el Proyecto Gutenberg ha tenido la gentileza de subirlo a internet para que todos puedan disfrutar de él libremente. Un somero análisis del libro, dedicado a geografía global de la Tierra, nos permite observar que se aplican muchísimos conceptos geométricos, particularmente en proyecciones de mapas: proyección ortográfica, proyección estereográfica, proyección globular, proyección gnomónica, proyección homolográfica, proyecciones cilíndricas (gnomónica, estereográfica, Mercator), proyecciones cónicas; luego se analiza también la triangulación en mensura, la geografía matemática de los planetas, la Luna y el Sol, el tratamiento matemático de las mareas.

He mencionado a Gerardus Mercator, el gran geógrafo, cosmógrafo y cartógrafo. Mercator publicó en 1569 su famoso mapa, cuyo título traducido del latín es ‘Nueva y ampliada descripción de la Tierra, con mejoras para su uso en navegación’. Entre las muchas razones por las cuales ese extraordinario mapa (que no sabemos cómo Mercator lo construyó) es importante, es porque es conforme, es decir, preserva ángulos. El mérito de Mercator es enorme, su mapa tuvo una importancia fundamental para la cartografía y para la navegación (y en cartas náuticas se sigue usando). Pero quería detenerme en otra cosa: en matemáticas la noción de aplicación conforme empezó a ser realmente manejada con precisión después de la invención en el siglo XVIII (alrededor de dos siglos después) del análisis complejo; aquí, en algún sentido laxo, la geografía ‘precedió’ a las matemáticas; cabe mencionar que probablemente el primer cartógrafo matemático fue Johann Heinrich Lambert, que en 1772 publicó en alemán su magna obra, que traducida al castellano es *Notas y comentarios sobre la composición de mapas terrestres y celestes*, con lo cual –dos siglos después de Mercator– inauguró la cartografía matemática. George Heine en 2004 indica que el gran matemático Joseph-Louis Lagrange considera que

Lambert fue el primero que caracterizó el problema de la aplicación de una esfera en un plano, preservando alguna propiedad dada, en términos de ecuaciones diferenciales parciales no lineales.

Con la invención por parte de Newton (y Leibniz, aunque la disputa entre ambos por la prioridad científica no es motivo de este trabajo) del cálculo diferencial e integral, la relación entre geografía y matemáticas se amplió, al aumentar poderosamente la cantidad (y potencia) de las herramientas matemáticas a disposición de los geógrafos, y la posibilidad de hacer aseveraciones antes de su constatación experimental; un importante ejemplo de esto, muy relacionado con la geografía, y en el cual Sudamérica en algún sentido interviene, fue la constatación –predicha por Newton– de que la Tierra estaba algo achatada en los polos. La Academia de Ciencias de Francia, en la década de 1730, encomendó dos expediciones para medir la longitud de un grado de arco de meridiano, una cerca del ecuador –para lo cual una expedición viajó al Ecuador (y sus peripecias fueron fascinantes, como indica Jim R. Smith en un artículo de 2002, ‘The Meridian Arc Measurement in Peru 1735-1745’. FIG (Fédération Internationale de Géomètres) XXII International Congress, Washington D.C., 19-26 de abril de 2002) y la otra a Laponia, dirigida por el matemático Pierre Louis Maupertuis. Los datos de ambas expediciones corroboraron la teoría de Newton; en cierto sentido, esa corroboración es bastante análoga en cuanto a su impacto científico a la corroboración en 1919, por parte de la expedición de Eddington, de la relatividad general de Einstein.

Dicho sea de paso, el impacto de la corroboración de la predicción de Newton provocó los deliciosos versos satíricos de Voltaire (un hombre del cual era mejor ser amigo que enemigo, al menos para la posteridad) dedicados a Maupertuis:

*Vous avez confirmé dans ces lieux pleins d'ennui
Ce que Newton connu sans sortir de chez lui.*

Usted ha confirmado en esos lugares llenos de aburrimiento
Lo que Newton supo sin dejar su aposento.

Es decir, se podría decir que fue la geografía terrestre la que permitió aceptar la teoría de Newton. Casi nada. **CH**



Pablo Miguel Jacovkis

Doctor en matemáticas, UBA.

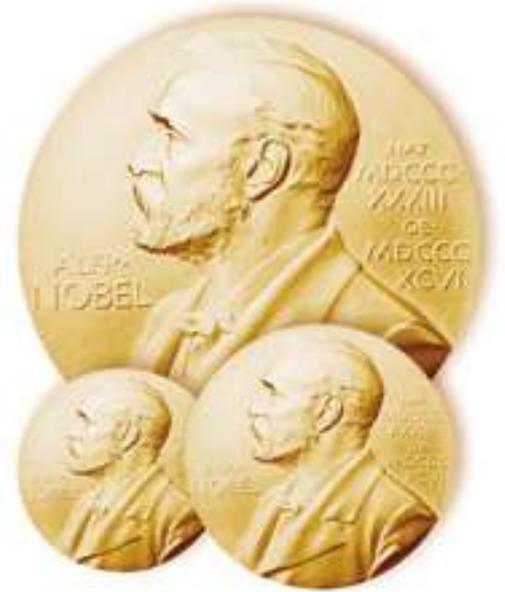
Profesor emérito, UBA.

Secretario de Investigación y Desarrollo de la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF).

pablo.jacovkis@gmail.com

Los premios Nobel 2022

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



FISIOLOGÍA O MEDICINA

Alberto R Kornblihtt

Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular, Conicet-UBA, Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE), FCEN-UBA

Paleogenómica: secuenciación de ADN aplicado al desciframiento de la evolución y el origen de nuestra especie

El premio Nobel de medicina o fisiología 2022 fue otorgado al biólogo sueco Svante Pääbo por sus descubrimientos sobre los genomas de homínidos extinguidos y la evolución humana. Pääbo fundó y aún trabaja en el Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva de Alemania, situado en la ciudad de Leipzig, la ciudad donde brilló Bach en las tres últimas décadas de su vida. Varios aspectos hacen destacable el reconocimiento a Pääbo dentro del panorama de los premios Nobel. En primer lugar, este año se concedió el premio a una sola persona, cuando la Academia Sueca últimamente venía premiando a dos o tres investigadores por disciplina. En segundo lugar, Pääbo es una personalidad ampliamente conocida, no solo en el mundo científico sino en los amplios sectores de la sociedad ligados a la cultura. Prueba de ello es quizá haber recibido en 2018 el premio Princesa de Asturias, el máximo galardón otorgado en España, y el hecho de que su charla TED tenga más de un millón y medio de visitas. En tercer lugar, si bien algunos de los resultados de Pääbo están relacionados indirectamente con la salud, la Academia Sueca ha tenido la bien-

venida osadía de premiar hallazgos relacionados con la evolución y el origen de nuestra especie, un tema no explícitamente incluido entre los que califican para los Nobel. En efecto, los aportes de biólogos evolucionistas o antropólogos no han sido particularmente reconocidos por el Nobel en el pasado y uno se pregunta si, de haber vivido en el siglo XX, Charles Darwin lo habría obtenido. Por último, se considera a Pääbo el fundador del nuevo campo de la paleogenómica el cual, a través de la secuenciación masiva del ADN de organismos extinguidos, permite descifrar relaciones evolutivas y vías de poblamiento y migración tanto de ellos como de sus descendientes vivos.



Svante Pääbo

De las momias egipcias al hombre de Neandertal

Al comienzo de su carrera, según cuenta en su autobiografía, Svante Pääbo estaba interesado en conocer la secuencia del ADN de momias humanas egipcias, cosa que logró técnicamente para pequeños fragmentos de su genoma pero que no tuvo mayor impacto científico. Más allá del impulso de su pasión juvenil por la egiptología, poca es la información relevante que podría haberse obtenido de individuos muertos hace solo 5000 años, que eran como nosotros *Homo sapiens* y tenían prácticamente la misma secuencia de ADN que nosotros. El cambio de paradigma ocurrió cuando se propuso secuenciar el

ADN de restos fósiles del hombre de Neandertal, es decir, la especie *Homo neanderthalensis*. Se sabía que Neandertal se había extinguido hace unos 30.000 a 40.000 años y que la única especie del género *Homo* que sobrevivió y puebla aún la Tierra es *Homo sapiens*. No obstante, solo con evidencia paleontológica anatómica y sin evidencia genética era imposible saber la relación de parentesco entre *H. neanderthalensis* y *H. sapiens*. En un trabajo seminal publicado en la revista *Cell* en 1997, el grupo de Pääbo informó la secuencia completa del ADN de las mitocondrias obtenido de un hueso fósil de un ejemplar de Neandertal del valle de Neander (el sitio de Alemania donde se encontraron los primeros restos y que le dio el nombre a la especie). El artículo ilustró la tapa del número de la revista con una foto inmensa de una calota de Neandertal y el

epígrafe 'Los neandertales no son nuestros ancestros'. Las mitocondrias de las células tienen un genoma 200.000 veces más pequeño que el genoma de los núcleos y, como hay centenares de mitocondrias por células, resulta mucho más fácil obtener ADN en buen estado de un individuo muerto hace 40.000 años, es decir no degradado, de sus mitocondrias que del núcleo. Aun así, el logro de Pääbo fue un hito de la biología y permitió comprobar que la secuencia de ese ADN mitocondrial distaba tanto de las secuencias de los ADN mitocondriales de varias etnias de los humanos modernos, que le permitió concluir que *H. sapiens* no desciende en forma directa, diríamos vertical, de *H. neanderthalensis*.

Contaminaciones y canibalismo

El problema central de los experimentos de secuenciación de ADN antiguo (ancient DNA) son las posibles contaminaciones en la preparación del material biológico. Las más frecuentes provienen del ADN de las manos de los propios operadores que preparan la muestra y, adicionalmente, de bacterias u hongos que contaminan el trozo de hueso a triturar. El laboratorio de Pääbo dedicó años a perfeccionar su tecnología de modo de disminuir el riesgo de contaminación y reconocerla y descartarla en caso de que se produjera. De hecho, fue provechoso que el Rheinisches Landesmuseum de Bonn tardara meses en responder positivamente a la solicitud de Pääbo de utilizar un trozo del húmero de Neandertal de su colección ya que le permitió al laboratorio ajustar las técnicas de extracción de ADN de modo de minimizar las contaminaciones. Paradójicamente, si el museo hubiera accedido de inmediato, quizá se habrían publicado secuencias de *H. sapiens* creyendo que eran de Neandertal. Desde ese paper fundamental de 1997, Pääbo ha analizado ADN de decenas de restos de neandertales de Europa y Asia occidental. Lo más interesante es que descubrió que las mejores preparaciones de ADN provenían de huesos cuyos tejidos blandos habían sido removidos poco después de la muerte del individuo mediante prácticas de canibalismo, según se evidencia por marcas con instrumentos cortantes. Al no haber tejidos blandos susceptibles de putrefacción, la contaminación bacteriana de las muestras es mínima.

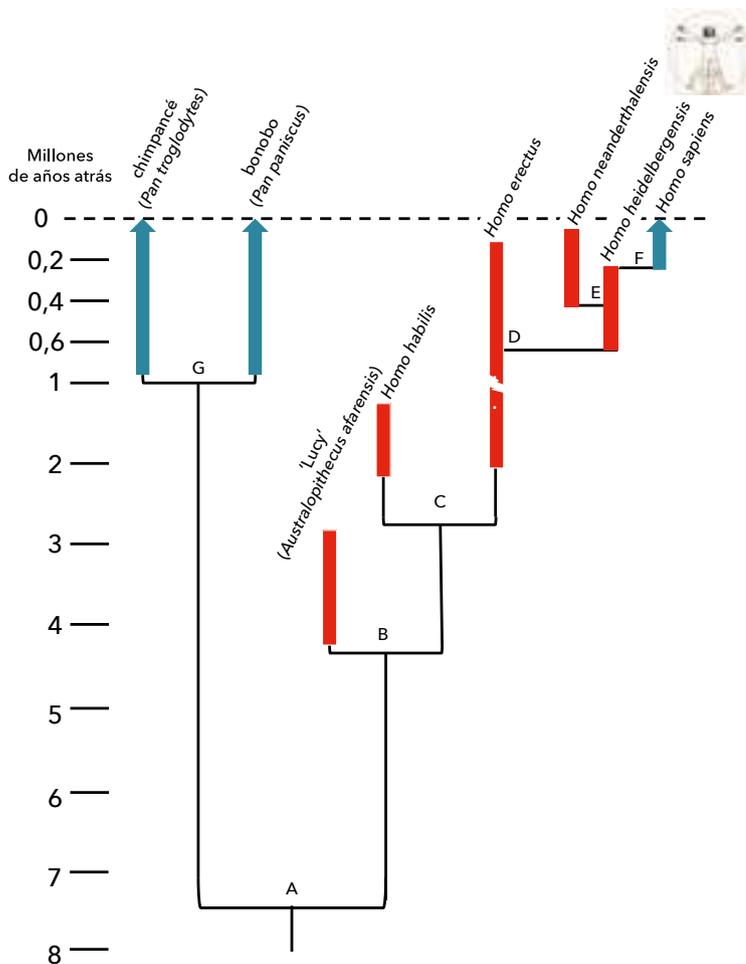


Figura 1. Evograma. Cladograma que refleja las relaciones evolutivas a través del tiempo de algunas especies seleccionadas de grandes simios. Las flechas azules indican los lapsos de existencia de las especies que sobreviven en el presente. Los rectángulos rojos marcan los lapsos de las especies que se han extinguido. **A.** Ancestro común entre los chimpancés/bonobos y los homínidos. **B.** Ancestro común entre 'Lucy' (*Australopithecus afarensis*) y el resto de los homínidos. **C.** Surgimiento del género *Homo*. **D.** Origen de *H. heidelbergensis* a partir de *H. erectus*. **E.** Origen de *H. neanderthalensis* a partir de *H. heidelbergensis*. **F.** Origen de *H. sapiens* a partir de *H. heidelbergensis*. **G.** Ancestro común entre chimpancés y bonobos. Inspirado en evolution.berkeley.edu/what-are-evograms/the-emergence-of-humans/

Línea de tiempo

Para entender la evolución humana quizá valga la pena repasar someramente hitos en la evolución de la vida sobre la Tierra. Las primeras células vivas, del tipo de las bacterias, datan de hace 3800 millones de años (MA); las primeras células con núcleo, de hace 2.500MA; los primeros vertebrados, de hace 500MA; los primeros mamíferos, de hace 220MA, y los primeros primates (lémures, monos con cola y monos sin cola o simios —orángután, gorila, chimpancé, bonobo y ser humano—), de hace

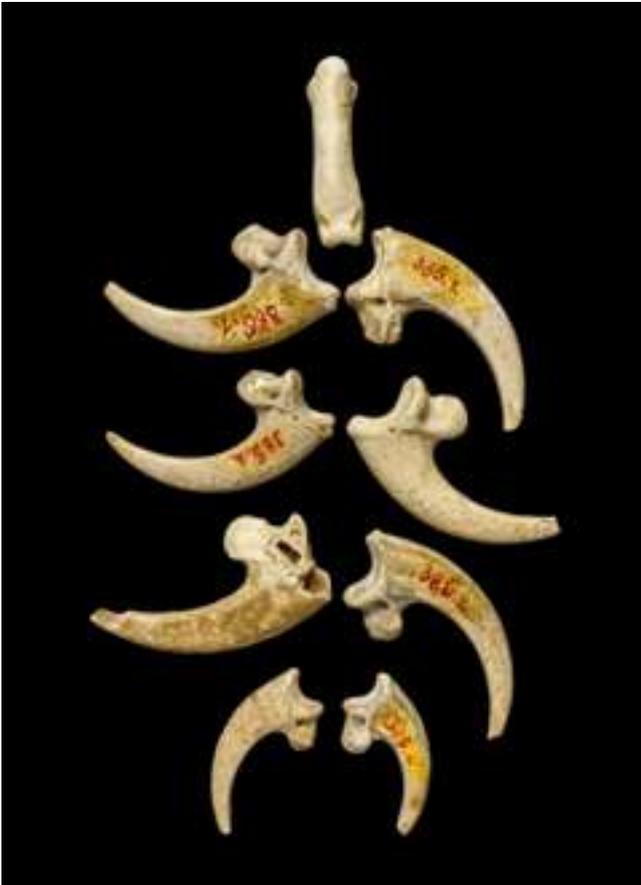


Figura 2. Foto de la reconstitución de un ornamento personal semejante a un collar realizado por neandertales en Krapina, Croacia, hace aproximadamente 130.000 años.

65MA. Nuestro primo vivo genéticamente más cercano es el chimpancé. El ancestro común entre los chimpancés y los homínidos data de hace 7,5MA (figura 1.A). La rama de los homínidos, generada en África, tuvo muchas especies, todas extinguidas a distintos tiempos, como *Australpithecus afaensis*, *H. habilis*, *H. erectus*, *H. heidelbergensis* y *H. neanderthalensis*. La figura 1 muestra que la única que sobrevivió hasta el presente es *H. sapiens*. Pese a su nombre germano, *H. heidelbergensis* se originó en África hace unos 600.000 años y se extinguió hace unos 200.000 años. En algún momento de su existencia, un grupo de *H. heidelbergensis* colonizó Europa y, hace unos 400.000 años dio origen a *H. neanderthalensis*. Las poblaciones de *H. heidelbergensis* que se quedaron en África dieron origen a *H. sapiens* hace unos 200.000 años, probablemente en la zona de la actual Etiopía. Sí, ¡los neandertales son europeos y nosotros somos africanos! Se piensa que hace aproximadamente 50.000 años un grupo de *H. sapiens* migró de África a Europa por el Sinaí. Hasta ese momento *H. sapiens* había colonizado toda África, principalmente sus costas, donde se alimentaba de bivalvos, y ‘no sabía’ que otra especie de ‘humanos’, los neandertales, era la dueña de Europa. Ambas especies habían desarrollado cultura, en-

terraban a sus muertos, manejaban el fuego, fabricaban un tipo de herramientas de piedra que evidencia pensamiento proyectivo y tenían pensamiento simbólico, tal cual lo revela el collar que neandertales fabricaron con talones de águila, descubierto en 2015 (figura 2).

Sexo entre especies

El siguiente hito mayor de Pääbo fue lograr secuenciar el genoma nuclear completo de Neandertal. Esto le permitió confirmar que los humanos que colonizaron Europa, Asia, Oceanía y finalmente América poseen en su genoma porciones del genoma de Neandertal. Los porcentajes varían entre el 0,5 y el 2,5% y revelan que hubo intercambio sexual de los *H. sapiens* que salieron de África hace 50.000-60.000 años con los neandertales, presumiblemente en Palestina. Indudablemente el primer híbrido entre las dos especies tendría 50% de *sapiens* y 50% de neandertal, pero nada sabemos de si la viabilidad de los híbridos dependía de si la cruce era macho *sapiens* con hembra neandertal o viceversa. Solo sabemos que los neandertales desaparecieron y asumimos que los híbridos fueron cruzándose preferencialmente con *sapiens* de modo que con el tiempo la proporción del genoma de neandertal en los humanos modernos fue disminuyendo hasta los valores actuales. Lo más importante es que los *sapiens* que no abandonaron África, y que hoy son mayormente negros del África subsahariana, no tienen segmentos de neandertal en sus genomas. Es decir, la pretendida ‘raza pura’ de los nazis no son los sajones ni los arios, cuyos ancestros se cruzaron con una especie arcaica, sino los negros del África. Esto confirma que el racismo no tiene bases biológicas sino políticas.

Una nueva especie de humanos arcaicos

El tercer hito de Pääbo fue descubrir una nueva especie de humanos arcaicos en una cueva de los montes Altái de Siberia. La cueva de Denisova había sido habitada en distintas épocas por neandertales y por *H. sapiens* pero, al analizar la secuencia de ADN de una falange de un homínido de sexo femenino perteneciente a un grupo que había dejado África antes que los ancestros de los neandertales, Pääbo reveló que esta especie era diferente tanto de los neandertales como de *sapiens*, pero que segmentos de esta nueva especie, llamada Denisova, se hallaban en genomas de neandertales y de humanos modernos, lo cual implicaba cruzamientos con ambos. Lo más notable es que las secuencias de Denisova eran detectables, hasta en el 6% del genoma, en humanos modernos del este de Asia, el Suroeste asiático, Oceanía... y América, pero estaban ausentes en europeos modernos y, por supuesto, en africanos subsaharianos. Estos hallazgos permitieron elaborar un mapa de las migraciones y poblamiento de nuestro planeta por *H. sapiens* (figura 3) de una manera mucho más precisa (y

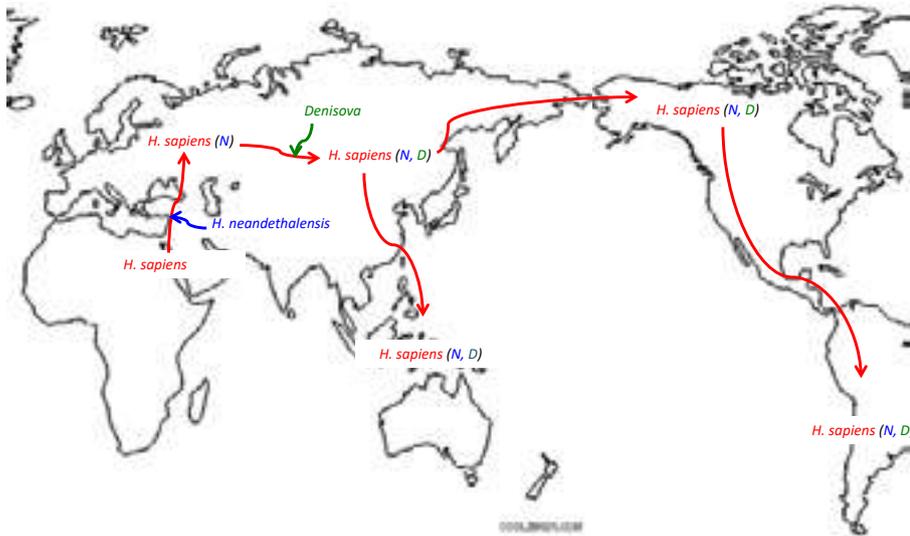


Figura 3. Mapa de las migraciones de *Homo sapiens* inferido de la secuenciación genómica, desde su origen en el noreste de África hace aproximadamente 200.000 años. Se indican putativos lugares de intercambio sexual con neandertales y denisovanos. (N) indica presencia de segmentos de genoma de neandertales en el genoma humano. (N, D) indica presencia de segmentos de genomas de neandertales y de denisovanos en el genoma humano. Los africanos subsaharianos carecen de (N). Los europeos solo tienen (N). Los asiáticos del este, surasiáticos, pobladores originarios de Oceanía y los indoamericanos tienen (N, D). Cuando los conquistadores europeos llegaron a América en el siglo XV se encontraron con poblaciones cuyos ancestros, como los de ellos, se habían cruzado con neandertales y, además, a diferencia de ellos, con denisovanos.

fascinante) que la proporcionada anteriormente por datos antropológicos, físicos y arqueológicos.

Por si quedaran dudas de las evidencias de cruzamientos entre y con humanos arcaicos, en 2018 Pääbo secuenció el genoma de restos de una joven que es primera generación híbrida entre neandertales y denisovanos, más precisamente, hija de una madre neandertal y un padre denisovano. Este espectacular hallazgo abre la posibilidad de que algún día se detecten los restos de una primera generación híbrida entre *sapiens* y neandertales, pero ya sabemos dónde sería más adecuado buscarla: en la ruta del Sinaí y de Palestina que siguieron nuestros ancestros al salir de África.

La influencia de Neandertal

No está muy claro si los segmentos de Neandertal confieren características positivas, negativas o neutras a los humanos que las poseen. En principio, el hecho de que estas secuencias hubieran sobrevivido reducidas a un bajo porcentaje del genoma y localizadas en regiones del ADN que están alejadas de los genes que codifican proteínas –los que representan el 30% del genoma– hace suponer que fueron siendo eliminadas por tóxicas. Hay evidencias preliminares que asignan a algunos de estos segmentos funciones en la adaptación de los humanos a nuevos ambientes y en la susceptibilidad a enfermedades. Más recientemente Pääbo encontró que una secuencia heredada de neandertales confiere a quienes la poseen mayor riesgo de padecer COVID-19 severo que quienes no la poseen. No sabemos si esto explica la baja incidencia de COVID-19 severo en la población africana.

Apreciación personal

No conozco a Pääbo personalmente ni tuve el privilegio de presenciar alguna de sus conferencias; no obstante, es sin duda mi mayor ídolo científico a quien admiro por sus descubrimientos que iluminaron, como pocos, la comprensión de nuestro paso por este planeta. Su historia de vida, que él ha hecho pública, además me produce empatía. Pääbo es hijo extramatrimonial de un científico que ganó también el premio Nobel: Sune Bergstrom fue galardonado en 1982 por sus trabajos sobre prostaglandinas. La madre es la química estonia Karin Pääbo y, como se aprecia, Svante lleva, significativamente, el apellido de su madre.

LECTURAS SUGERIDAS

- GREEN RE *et al.*, 2010, 'A draft sequence of the Neandertal genome', *Science*, 328: 710-722.
- KRAUSE J *et al.*, 2010, 'The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia', *Nature*, 464: 894-897.
- KRINGS M *et al.*, 1997, 'Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans', *Cell*, 90: 19-30.
- PÄÄBO S, 2014, 'Neanderthal man', en *In search of Lost Genomes*, Basic Books, Nueva York.
- RADOVČIĆ D *et al.*, 2015, 'Evidence for Neandertal jewelry: Modified white-tailed eagle claws at Krapina', *PLoS One*, 10: e0119802.
- SLON V *et al.*, 2018, 'The genome of the offspring of a Neanderthal mother and a Denisovan father', *Nature*, 561: 113-116.
- ZEBERG H y S PÄÄBO, 2020, 'The major genetic risk factor for severe COVID-19 is inherited from Neanderthals', *Nature*, 587: 610-612.



Alberto R Kornblihtt

Biólogo y doctor en ciencias químicas, UBA.
 Profesor emérito, FCEN, UBA.
 Investigador superior contratado, Conicet.
ark@fbmc.fcen.uba.ar

FÍSICA

Laura Knoll

Laboratorio de Óptica Cuántica, CITEDEF-Conicet

Christian Schmiegelow

Laboratorio de Iones y Átomos Fríos (LIAF), Departamento de Física & Instituto de Física de Buenos Aires, UBA-Conicet

Informática cuántica y entrelazamiento

La mecánica cuántica ha dado lugar al descubrimiento de una variedad de fenómenos que resultan difíciles de conciliar con nuestra intuición sobre el funcionamiento del mundo. El entrelazamiento es, tal vez, uno de los más inquietantes. Tan inquietante, que hasta fue considerado una posible falla en la teoría. Los tres galardonados con el premio Nobel de física 2022 lograron demostrar que, de hecho, la naturaleza tiene aspectos anti-intuitivos que nos obligan a abandonar la idea de un universo local y realista. Alain Aspect (Francia), John F Clauser (Estados Unidos) y Anton Zeilinger (Austria) comparten el premio por sus 'experimentos con fotones entrelazados, estableciendo la violación de las desigualdades de Bell y siendo pioneros en la ciencia de la información cuántica'.

La primera revolución cuántica, que se desató a principios del siglo XX, sentó las bases tecnológicas para el desarrollo de la tecnología moderna. El láser, los transistores y circuitos integrados, la nanotecnología y la química y biología moderna fueron desarrollados basándose en los principios elementales de la mecánica cuántica. Estos incluyen la idea de la cuantización de la energía, de existencia de estados discretos, la interferencia de probabilidades y hasta en algunos casos, de la dualidad partícula-onda. Sin embargo, por muchos años, fenómenos como la superposición de estados y, más particularmente, el entrelazamiento cuántico, vivieron en el mundo de la física fundamental, de la mano de esfuerzos científicos para comprenderlos o validarlos.

Hoy estamos viviendo una segunda revolución cuántica, enfocada en las aplicaciones de los aspectos más anti-intuitivos de la mecánica cuántica. Fenómenos como la superposición de estados cuánticos y el entrelazamiento son la base de los nuevos paradigmas para la transmisión, almacenamiento y procesamiento de la información. Estos desarrollos son

posibles gracias a experimentos como los de Aspect, Clauser y Zeilinger, que demostraron no solo que estos aspectos forman parte de la rareza de la naturaleza, sino que tienen varias aplicaciones. Por todo esto, resulta imposible no partir de las motivaciones fundamentales para entender la importancia del premio entregado este año.

Las propiedades antiintuitivas del entrelazamiento fueron señaladas por primera vez por Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen (EPR) en un artículo que escribieron en 1935. El argumento que elaboran es conocido como la 'paradoja de EPR' y tuvo como fin criticar la mecánica cuántica y descubrir inconsistencias en su estructura para demostrar entonces que el marco teórico no describe de manera completa la naturaleza.

Según los autores, si la teoría estuviera bien, nos dirigiría a una de las siguientes conclusiones: o bien existía una cierta interacción entre las partículas, incluso si estaban separadas espacialmente (Einstein se refería a este hecho como 'acción fantasmagórica a distancia'), que hoy llamamos no-localidad; o teníamos que abandonar la idea de que la información acerca de los resultados de todas las mediciones posibles ya estaba presente en ambas partículas, abandonar lo que hoy llamamos realismo. Los autores propusieron una teoría alternativa, según la cual la información se codifica en algunas 'variables ocultas'.

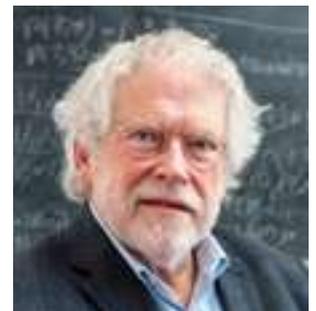
Esta discusión permaneció casi treinta años en el ámbito de la filosofía. En 1964, John Bell propuso una forma matemática para poder verificar la paradoja EPR (y las teorías de variables ocultas) en forma de una desigualdad que involucra medidas de correlación hechas por dos observadores. Si Einstein tenía razón, las desigualdades de Bell serían ciertas y la teoría cuántica, incompleta. Si, en cambio, la teoría cuántica era completa, estas desigualdades serían violadas. Una violación de las desigualdades de Bell implica, entonces, que la mecánica cuántica describe adecuadamente la naturaleza y por lo tanto esta es incompatible con alguna (o ambas) de las hipótesis de realismo y localidad.



Alain Aspect



John F Clauser



Anton Zeilinger

Desde la aparición de la desigualdad de Bell se han llevado a cabo una gran cantidad de experimentos (cada vez más sofisticados) para poner a prueba estas hipótesis. De hecho, el primer experimento que demostrara algunas características del entrelazamiento ya había sido hecho por Chien-Shiunh Wu, en 1950 (catorce años antes) con fotones gamma que eran generados por aniquilación de positrones. Sin embargo, la imposibilidad de contar con buenos polarizadores para este tipo de fotones energéticos hacía que las medidas no fueran del todo concluyentes.

Luego el primer experimento en el que se midió la violación de las desigualdades de Bell fue realizado por Freedman y Clauser en 1972. En este experimento, pares de fotones entrelazados eran creados a partir de un átomo excitado de calcio, y enviados en direcciones opuestas hacia un conjunto de filtros polarizadores. Cambiando la orientación de los polarizadores observaron que la tasa de coincidencias medida superaba el límite que impone una teoría realista-local. Si bien el experimento de Freedman y Clauser representó un paso importante en la demostración experimental de la validez de la mecánica cuántica, los escépticos argumentaron que el experimento no descartaba completamente la existencia de variables ocultas, ya que la orientación de cada polarizador se fijaba antes de la emisión de los fotones. Esto representaba una limitación ya que la información sobre las mediciones a realizar estaba disponible en el momento en que se generaron los fotones, lo que se conoce como *loophole* de localidad.

A lo largo de los años siguientes se realizaron varios experimentos, entre ellos se destaca particularmente el realizado por Aspect en 1982. Si bien el arreglo experimental era similar al de Clauser, el experimento de Aspect era más sofisticado desde el punto de vista tecnológico, lo que le permitió cerrar el *loophole* de localidad. Para esto, la elección de la orientación de los polarizadores se realizaba de manera pseudoaleatoria una vez que los pares de fotones hubieran sido generados. Esta selección se realizaba en pocos nanosegundos, garantizando que la información sobre la orientación de un polarizador no pueda alcanzar e influir al del otro lado, es decir, garantizando la independencia entre los dos observadores.

De la mano de un resultado tan importante, también los escépticos pusieron la lupa y aparecieron otras objeciones (*loopholes*). Finalmente, y después de arduos años de intentos, entre 2015 y 2016 se realizaron tres experimentos, en distintos laboratorios del mundo y utilizando distintas técnicas, que mostraron que las desigualdades de Bell eran violadas en situaciones en las que no había *loopholes* significativos. Es decir, todos los experimentos favorecieron el rechazo de que la natura-

leza puede ser descripta por una teoría realista y local o, dicho en el lenguaje de Bell, por una teoría de variables ocultas locales.

También en esos años, de la mano de la segunda revolución cuántica, hubo un fuerte desarrollo teórico vinculado a aplicaciones prácticas utilizando estados cuánticos para codificar información, como los protocolos de distribución cuántica de claves y aplicaciones más extravagantes como la teleportación cuántica. Lejos de ser un relato de ciencia ficción, la teleportación cuántica es un protocolo por el cual es posible transferir el estado de una partícula a otra mediante la combinación de entrelazamiento y comunicación clásica. En 1997 Anton Zeilinger y su grupo realizaron la primera demostración experimental de este protocolo de teleportación cuántica, en paralelo con el grupo de Sandu Popescu y Francesco De Martini. Ambos experimentos utilizaban fotones entrelazados para la realización del protocolo.

Zeilinger continuó a la vanguardia de las aplicaciones, realizando posteriormente experimentos de *entanglement swapping* (teleportación de entrelazamiento), entrelazamiento multipartito (entre más de dos partículas), distribución del entrelazamiento a grandes distancias tanto en aire como en fibra óptica y criptografía cuántica. Todo esto contribuyó además al desarrollo tecnológico de fuentes de fotones entrelazados, generadores de números aleatorios, sistemas de puntería para comunicaciones cuánticas en aire, detectores de alta eficiencia, entre otros.

En la actualidad experimentos de teleportación y criptografía cuántica se realizan a distancias de cientos de kilómetros en fibra óptica y miles de kilómetros entre la tierra y estaciones satelitales. El grupo de Jian-Wei Pan en China es pionero y líder indiscutido en este tipo de comunicaciones cuánticas. No sorprende saber que Jian-Wei Pan es discípulo de Anton Zeilinger (quien fue su director de doctorado) y es además el primer autor en el paper de teleportación realizado por el grupo de Zeilinger que mencionamos anteriormente. En la Argentina también contamos con equipos que trabajan en ciencia y tecnología cuántica asociada al entrelazamiento. Por ejemplo, en el Laboratorio de Óptica Cuántica de CITEDEF se midieron por primera vez las desigualdades de Bell en 2009 y hoy se continúa trabajando con estados entrelazados de la luz desarrollando aplicaciones a comunicaciones seguras y a metrología cuántica.

Las aplicaciones tecnológicas de la mecánica cuántica han abierto un amplio campo de investigación y desarrollo donde el entrelazamiento cuántico juega un rol fundamental. La computación cuántica, la comunicación cuántica, las simulaciones cuánticas y la metrología cuántica y sensado son algunas de las áreas principales de investigación. Los experimentos ideados por

John Clauser y Alain Aspect dieron inicio a la segunda revolución cuántica, evidenciando de manera empírica ciertas predicciones de la mecánica cuántica y sentando las bases experimentales para la generación y manipulación del entrelazamiento. Los trabajos desarrollados por Anton Zeilinger, pionero tanto en aplicaciones como en fundamentos, han demostrado el sorprendente potencial del entrelazamiento como recurso para las nuevas tecnologías cuánticas.

Los experimentos desarrollados por los tres galardonados no solo confirmaron la teoría cuántica, sino que abrieron el camino para un nuevo campo de la ciencia y la tecnología, tendiendo un puente entre los fundamentos y las aplicaciones de la mecánica cuántica. **CH**



Laura Knoll

Doctora en ciencias físicas, FCEN-UBA.
Investigadora asistente, Laboratorio de Óptica Cuántica, CITEDEF-Conicet.
Docente ayudante de primera, Departamento de Física, FCEN-UBA.
lauraknoll@gmail.com



Christian Schmiegelow

Doctor en ciencias físicas, FCEN-UBA.
Profesor adjunto interino, Departamento de Física, FCEN-UBA.
Investigador adjunto, CIC-Conicet.
Director del Laboratorio de Iones y Átomos Fríos, Departamento de Física e Instituto de Física de Buenos Aires, UBA.
schmiegelow@df.uba.ar

QUÍMICA

Karina V Mariño

Instituto de Biología y Medicina Experimental (IBYME), Conicet

La química al alcance de un clic

La facilidad de la vida actual (donde hacemos muchas cosas mediante un clic) también alcanzó a la química. Y esto es lo que se ha premiado con el Nobel de la disciplina en 2022, donde Barry Sharpless (Nobel de química 2001, profesor en Scripps Research Institute, Estados Unidos) y Morten Meldal (profesor en la Universidad de Copenhague, Dinamarca) fueron reconocidos por sus aportes en llevar esta área de la ciencia a lo funcional, mediante una serie de reacciones que simplifican y aceleran los procesos de síntesis orgánica (química clic). En tanto, la tercera premiada, Carolyn Bertozzi (profesora de Stanford e investigadora del Howard Hughes Medical Institute, Estados Unidos) tomó el desafío de hacer estas reacciones 'clic' compatibles con la vida, un área que hoy se conoce como química bioortogonal. Este salto cuantitativo lleva a facilitar la síntesis de nuevas drogas y materiales, y a comprender mejor procesos fisiológicos y patológicos mediante herramientas químicas.

La Real Academia de Ciencias de Suecia, por segundo año consecutivo, ha premiado avances en la química orgánica. También conocida como la química del carbono, esta parte de la disciplina apunta a la construcción de moléculas de diferente tipo basadas en este elemento, desde nuevos materiales hasta moléculas de utilidad terapéutica. Y como el carbono es la base de la vida, desde los inicios la propia naturaleza fue una gran inspiradora. Imitar las complejas estructuras que encontramos en microorganismos, plantas y animales (muchas de ellas utilizadas, por ejemplo, como terapéuticos) en el laboratorio ha conllevado un gran desafío.

Lo más irónico (y a veces frustrante) de la síntesis de moléculas orgánicas es que lograr las uniones que las forman de manera simple y eficiente es dificultoso. La vida ha evolucionado para crear moléculas complejas de manera maravillosamente eficaz, pero en el laboratorio la cosa se complica... no tenemos todas las herramientas de la naturaleza. Como ejemplo, el carbono necesita ayuda para reaccionar (lo que conocemos como activación); al activarse, puede reaccionar 'de más', dando como resultado otras reacciones no esperadas y, en consecuencia, moléculas adicionales a la búsqueda (subproductos), los que deben ser separados, lo que suma tiempo y costo. Y ya que una síntesis rara vez involucra una sola reacción, todo lo discutido vale para cada paso secuencial, desde los reactivos originales hasta el producto final.

La química orgánica es hermosa y muy complicada. ¡Pero a no desanimarse! Este año, la Academia Sueca premia la llegada de nuevas ideas que hacen del mundo de la síntesis orgánica un área más simple y funcional.

Barry Sharpless y Morten Meldal: ¡la química clic!

Para Barry Sharpless, este es su segundo premio Nobel. En 2001 recibió el primero por la catálisis asimétrica (junto con William S Knowles y Ryoji Noyori), pero la



Barry Sharpless



Morten Meldal

historia nos marca en este científico algo más allá de sus desarrollos específicos: su visión. Sharpless publicó, ese mismo 2001, un artículo de revisión en *Angewandte Chemie* donde planteaba la necesidad de una aproximación más simple y minimalista a la química. Proponía armar un kit de muy buenas herramientas que los químicos tuvieran disponibles para producir moléculas más fácilmente. En este artículo aventuraba integrar (optimización mediante) un abanico de reacciones robustas, irreversibles, con pocos subproductos o que, si los tenían, fueran fáciles de separar, que permitieran la producción de una diversidad de compuestos en solventes amigables (como el agua) y finalmente, posibles en presencia de oxígeno. A esto lo llamó *química clic*. En su lista de potenciales reacciones, estaba la cicloadición 1,3-dipolar entre azidas y alquinos que, si bien requería ciertos ajustes, era muy prometedora.

En ese mismo año, pero en Dinamarca, Morten Meldal trabajaba construyendo lo que hoy llamamos librerías de compuestos, conjuntos de cientos o miles de sustancias a las que luego se les evaluaba actividad farmacológica. Durante su trabajo, y como suele suceder en la química, se encontró con un resultado que no esperaba: al utilizar cobre como catalizador en una reacción entre alquino y azida, la reacción no solo era rápida y eficiente, sino específica: había nacido la *cicloadición azida-alquino catalizada por cobre*. Independiente y casi simultáneamente, Barry Sharpless seguía trabajando en su idea del 'catálogo de reacciones simples y eficientes', y demostró que esta misma reacción (que él había propuesto como clic, y con la ayuda de cobre como propuso Meldal, pero con algunos ajustes adicionales) se podía hacer en agua de manera eficiente.

Desde hace veinte años, el trabajo pionero de estos dos especialistas se extendió como fuego. Hoy hablamos de química clic como un área de desarrollo y amplia aplicación, un diverso conjunto de reacciones de química orgánica sencillas, eficaces y selectivas, que pueden ser usadas para la síntesis rápida y poco costosa de nuevos compuestos y librerías combinatoriales (es decir, compuestos que se obtienen por combinación de pequeñas subunidades).

La química clic hoy se aplica tanto en el ámbito académico como en el industrial, no solo en la producción de moléculas con potencial actividad biológica sino también en el área de materiales, donde a través de estas reacciones se puede modificar sus propiedades (por ejemplo, hacerlos capturar la luz del sol o conducir electricidad).

Pero... no es lo mismo hacer una reacción en agua (que es el medio de la vida y las reacciones biológicas) que hacerlo en una célula. Las reacciones que se llevan adelante en una célula son más que compatibles con agua, ya que la química celular es muy compleja y es-

tá específicamente regulada para mantener la vida. Y no solo eso: en la célula tenemos una enorme cantidad de moléculas que pueden reaccionar. No controlamos, como en el tubo de ensayo, qué reactivos hay y en qué proporción. A veces esas reacciones laterales pueden alterar la funcionalidad celular, o matarla. Y ni pensar en los organismos multicelulares, donde podemos encontrar complejos sistemas jerárquicos formados por numerosas partes que deben funcionar de manera coordinada (por ejemplo, nuestro propio organismo).

La química biológica es hermosa y, aún más, complicada. Y entonces llegó la química bioortogonal.

Carolyn Bertozzi y la química bioortogonal

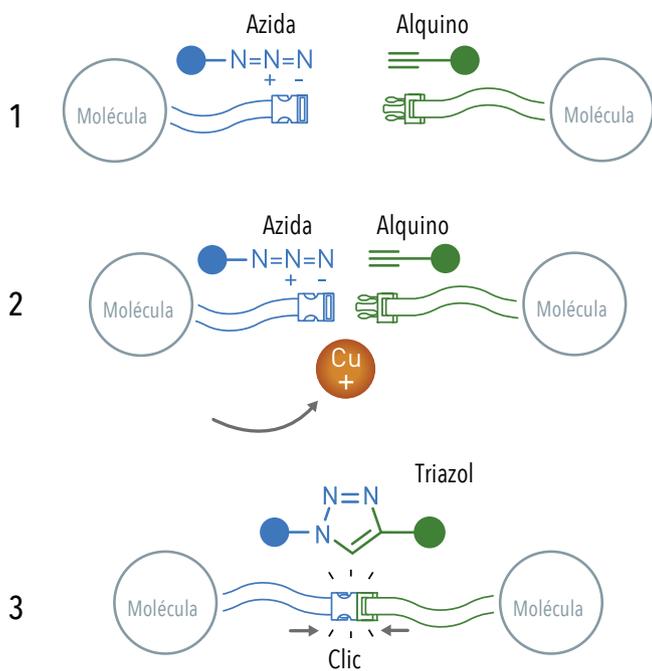
Alla por los años 90, cuando la biología molecular revolucionó la bioquímica dándonos herramientas para entender genes y proteínas, seguíamos sin muchas herramientas para comprender la función de los carbohidratos (componentes esenciales de la célula, no solo desde el punto de vista energético y nutricional, sino funcional). Ya hace muchos años se sabe, por ejemplo, que diversos procesos biológicos se llevan adelante mediados por carbohidratos presentes en la superficie celular: la invasión de un virus o la colonización de una bacteria puede estar mediada por el reconocimiento de estos azúcares. Pero el problema es que los glicanos (carbohidratos que se presentan en superficie a veces unidos a proteínas, a veces a lípidos) eran muy difíciles de estudiar. A diferencia de los genes o las proteínas, los glicanos se sintetizan sin un molde a seguir, y suelen presentar un rango muy variado de estructuras. Por ello, el área de la glicómica funcional (que se dedica a estudiar la estructura de estos glicanos y su función) fue desarrollándose más lentamente que la genómica o la proteómica.

Bertozzi en ese entonces estaba trabajando justamente en comprender la función de los glicanos de superficie celular, y se planteó lo siguiente: ¿por qué no buscamos alguna reacción que nos permita 'marcar' estos carbohidratos para 'verlos' en la célula? La idea era darle a la célula un carbohidrato con una etiqueta visible, y reconocer su posición.

Entre 1997 y 2000 (cuando Sharpless aún no había ganado el primer Nobel y Meldal estaba sintetizando grandes cantidades de compuestos a la manera tradicional, antes de la química clic) Bertozzi probó diferentes tipos de marcas, hasta que en el año 2000 la encontró. Su trabajo, publicado en *Science*, mostraba



Carolyn Bertozzi



©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

La reacción clic que cambió la química. Azidas y alquinos reaccionan mucho más eficientemente cuando se agregan iones de cobre. En la actualidad, esta reacción se utiliza de modo global para unir moléculas de manera simple.

que si a la célula se le daba carbohidratos ‘marcados’ con azida (azidoazúcares), los incorporaba en la superficie celular, y usando otra molécula fluorescente que reaccionaba específicamente con azida, se los podía ‘ver’ en la superficie. Unos años después, demostró que esta reacción también se podía realizar directamente en animales.

Había nacido la química bioortogonal, reacciones que pueden ser realizadas en condiciones fisiológicas sin interferir, o ser afectadas, por los procesos biológicos.

Cuando los desarrollos de Morten Meldal y Barry Sharpless se hicieron públicos, Bertozzi se da cuenta de que combinando azida con alquino y en presencia del catalizador adecuado (el cobre), la reacción era más rápida y eficiente. Pero (y siempre hay un pero) el cobre es tóxico para las células, por lo que había que buscar la manera de mantener la eficiencia sin el catalizador... Volviendo a las bases (vale recordar que los científicos siempre trabajamos sobre hombros de gigantes), se encontró con una publicación de la década de 1960, donde dos científicos alemanes (uno de ellos Georg Wittig, premio Nobel de química 1979 por otra reacción, que hoy lleva su nombre) habían descripto algo muy interesante: la reacción azida-alquino era extremadamente eficiente si el alquino estaba inmerso en una estructura cíclica. El alquino está tan tensionado que se torna activo *per se*, sin necesidad del cobre para reaccionar.

¿Y si en vez de usar cobre, intentamos tensionando el alquino?

Así, Bertozzi desarrolló la cicloadición alquino-azida promovida por tensión y libre de cobre, una reacción que podía rastrear azúcares en la superficie celular y en organismos vivos de manera eficaz. Podríamos decir que esta reacción es exponencialmente clic, ¡clic al cuadrado! Fácil, eficiente, en medio acuoso y compatible con la vida.

Esto fue solo el comienzo de un área que se expandió con el trabajo de otros investigadores, sumando reacciones compatibles con la vida y que pueden facilitar la comprensión de procesos biológicos complejos, el rastreo de moléculas en el metabolismo, el diagnóstico de enfermedades o el *delivery* de drogas de manera más específica.

Como ejemplo, la química bioortogonal ha dado un nuevo impulso a la generación de conjugados anticuerpo-fármaco, que pueden conseguir terapias más específicas y eficaces. En particular, Bertozzi se ha dedicado a los azúcares de superficie celular y su función en el desarrollo de tumores. Las células tumorales, para no ser eliminadas por el sistema inmune, ‘muestran’ carbohidratos específicos que metafóricamente provocan una hipnosis que duerme a las células inmunes, y el tumor así sobrevive y se expande. Su trabajo ha resultado en un biofarmacéutico donde un anticuerpo dirigido al tumor está unido (conjugado) a una enzima que corta ese carbohidrato ‘hipnótico’ y al eliminarlo el sistema inmune se despierta y ataca al tumor. Este bioterapéutico está siendo hoy probado en ensayos clínicos para pacientes con tumores avanzados.

En palabras de la propia Carolyn Bertozzi en una entrevista realizada al comunicársele el otorgamiento del Nobel: ‘Cuando el mundo se encuentra en problemas, la química puede venir al rescate’.

El premio Nobel de este año en química va con la idea de funcionalidad y practicidad, un reconocimiento a la creatividad y el valor para enfrentar los desafíos que la química de la vida representa. Y tiene mucho potencial. Porque como dijo Venkatraman Ramakrishnan (premio Nobel en química 2009 junto con Thomas A Steitz y Ada E Yonath), ‘en lo profundo, cualquier pregunta biológica es un problema químico’. **CH**



Karina V Mariño

Doctora en ciencias químicas, UBA.
Investigadora independiente del
Conicet en el IBYME.
Profesora adjunta, Universidad
Argentina de la Empresa (UADE).
kvmarino2017@gmail.com

Daniel Aromi y Daniel Heymann

Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP),
UBA-Conicet

Fragilidad financiera y fluctuaciones económicas

Este año, el premio en Economía instituido por el Banco de Suecia en memoria de Alfred Nobel fue otorgado a tres economistas estadounidenses de perfiles distintos, con un largo recorrido en la investigación sobre temáticas cuyos rasgos comunes han sido los aspectos macroeconómicos del comportamiento de los sistemas financieros, con énfasis sobre el estudio de las perturbaciones marcadas por crisis. Ben Shalom Bernanke realizó una actividad académica que incluyó trabajos teóricos y estudios de orientación aplicada, y tuvo una participación de muy alto perfil en la gestión de políticas en tiempos turbulentos, como presidente de la Reserva Federal de los Estados Unidos durante la profunda crisis financiera y económica de los años 2000. Por su parte, los otros dos premiados se concentraron en la modelización teórica, con una contribución central; nos referimos a Douglas W Diamond y Philip H Dybvig, quienes en 1983 publicaron su influyente texto ‘Bank runs, deposit insurance, and liquidity’ (*Journal of Political Economy*, 6 de enero de 1983: 401-129; DD en adelante), el cual muy probablemente pesó de manera decisiva en la decisión del jurado.

Los influyentes trabajos iniciales de Bernanke estuvieron motivados por la búsqueda de explicaciones para la gran intensidad de la caída de la actividad durante la Gran Depresión. Para entonces, en consonancia con el argumento de Milton Friedman y Anna Schwartz en su *Historia monetaria de los Estados Unidos* de 1963, se enfatizaba generalmente la relevancia de las perturbaciones en el sistema bancario, vía su efecto sobre la oferta de dinero. Sobre la base de una lectura informada de la evidencia histórica, en 1983 Bernanke destacó en su análisis la centralidad del sistema financiero como inductor de efectos recesivos y, aunque tuvo cuidado de insistir sobre su complementariedad con las hipótesis de Friedman, giró la atención hacia los desarreglos de la intermediación y de la oferta de crédito, es decir, hacia el activo de los bancos. Este desplazamiento de foco contribuyó a un movimiento afín en la literatura. Un signo se encuentra en el propio DD: ‘Una importante propiedad de nuestro modelo de bancos y corridas bancarias es que las corri-

das son costosas... porque interrumpen la producción [...] y destruyen mecanismos para compartir riesgos entre depositantes [...] Esto es consistente con la observación de Friedman y Schwartz respecto del alto costo de las corridas, aunque ellos atribuyen el daño al efecto vía la oferta monetaria [...] Un estudio de Bernanke apoya nuestra tesis, porque muestra que las corridas bancarias son un mejor predictor de las contracciones económicas que la oferta monetaria’.

Bernanke se ocupó también particularmente, en diversos trabajos en colaboración con Mark Gertler, del análisis y la modelización de los efectos de las condiciones financieras en la actividad real, principalmente sobre la base de un esquema —en 1989— donde la asimetría de información entre acreedores y deudores acerca del retorno realizado de los proyectos de inversión lleva a que el costo del financiamiento con recursos prestados sea más oneroso que el constituido con fondos propios. Así, un aumento exógeno en el patrimonio de los emisores de deuda alivia las restricciones de crédito y permite aumentos ulteriores de la actividad (y viceversa, ante shocks negativos que restringen la oferta de préstamos).

La preocupación por el impacto contractivo de las corridas financieras y de las retracciones del financiamiento se encuentra en importantes piezas de análisis tradicionales (véase, por ejemplo, el texto de Walter Bagehot de 1873) y aportes más recientes como los de Charles P Kindleberger en 1978 y Hyman P Minsky en 1975. En DD, Diamond y Dybvig buscaron elaborar un esquema formal que racionalizara la existencia de los bancos y señalara determinantes de su fragilidad. Así, elaboraron un argumento basado en uno de los aspectos de la actividad bancaria, como es la ‘transformación de plazos’, es decir la emisión de promesas de pago a corto plazo siendo que el lapso de maduración de sus activos es mayor, lo que permite a los consumidores con urgencias de fondos aprovechar la productividad comparativamente alta de los emprendimientos de mayor duración, a riesgo de abrir la posibilidad de que emerjan ‘problemas de liquidez’.

El impacto que tuvo el modelo amerita describirlo con algún detenimiento. La economía representada contiene un continuo de agentes y un horizonte temporal de tres períodos ($t = 0, 1, 2$). Cada uno de los individuos recibe una asignación de una unidad de bienes (homogéneos) y tiene la oportunidad de encarar un proyecto productivo (que aprovechará en la medida en que no deriva utilidad de consumir en ese período). El proyecto promete, con certeza, recuperar, y solo recuperar, en $t = 1$

la unidad de bienes invertida si el agente decide terminar ahí la ejecución del proyecto. En ese momento está disponible una 'tecnología de almacenaje' que permite, con un retorno unitario, trasladar bienes a $t = 2$. Si, en cambio, el agente decide mantener el proyecto 'en operación' en $t = 1$ recibe un retorno de magnitud (certera) $R > 1$ en $t = 2$. Esta propiedad encapsula una hipótesis central del modelo, como es la superioridad de rendimiento de las inversiones de mayor duración respecto de las de corto plazo. En $t = 1$ se produce, de manera aleatoria, una diferenciación crucial entre los agentes del modelo, que separa, al azar, a quienes tienen 'urgencia de consumir' (deriva utilidad solo del consumo en ese momento) de aquellos que generan utilidad del consumo 'tardío', en $t = 2$.

En autarquía, los agentes 'urgidos' deben liquidar sus proyectos prematuramente, mientras que los tardíos esperan y pueden aprovechar plenamente la alta productividad del proyecto de largo plazo. De esta manera, resulta conveniente un mecanismo de seguro que permita a los agentes que se revelan ilíquidos en la lotería de la diferenciación consumir algo más que en autarquía. Si el tipo de los agentes (urgido o tardío) fuera observable, esa asignación sería alcanzable vía contratos bilaterales entre los individuos, pero este mecanismo no funcionaría cuando el tipo de los agentes fuera información privada.

En DD, los 'bancos' se representan como instituciones dirigidas a superar esa ineficiencia y actúan para ofrecer a los agentes urgidos una porción de las ganancias de productividad de las inversiones a mayor plazo. El banco estilizado del modelo DD es un ente que actúa como si estuviera en un entorno competitivo (cero beneficios), tiene acceso a la misma tecnología que los productores/consumidores, recibe depósitos de bienes en $t = 0$ por parte de esos agentes y emite certificados de deuda que prometen pagos fijados en términos de bienes en $t = 1$. El banco es liquidado en $t = 2$; los recursos remanentes son repartidos proporcionalmente a sus acreencias entre los depositantes que no realizaron el retiro de sus activos en el período anterior.

Como supuesto importante, en $t = 1$ el banco está sujeto a la 'condición de servicio secuencial', que le exige atender a los clientes que desean retirar sus depósitos en orden de llegada y, dado eso, pagar el pleno valor de la deuda fijado en el compromiso original mientras alcancen los activos remanentes, lo cual implica que, de agotarse los recursos, el banco va a la quiebra con un conjunto de depositantes 'en la cola', que quedan sin recibir pago alguno.

La intermediación por parte del banco puede estar en condiciones de implementar el óptimo social. Dados los depósitos en $t = 0$, por cada unidad de bienes recibidos, el banco promete una devolución en $t = 1$ por valor igual al consumo que tendría en aquel óptimo un consumidor urgido. Entonces, si solamente los consumidores tempraneros cancelan sus depósitos en $t = 1$, los recursos que quedan disponibles en el banco son tales que permiten exactamente que los agentes tardíos consuman según los montos del óptimo social.

Pero no es seguro que el resultado sea ese. El modelo abre la posibilidad de una fragilidad intrínseca en el diseño del banco. Si, una vez constituidos los depósitos en $t = 0$, los tardíos de algún modo coordinan sus expectativas con la previsión de que los congéneres correrán a retirar sus depósitos, cada uno tiene incentivo de unirse a la estampida, porque el banco no tiene recursos suficientes para cumplir con su promesa. A su vez, la percepción de los agentes respecto de la probabilidad de un mal equilibrio afectaría las chances mismas de surgimiento del banco.

La eventualidad de una corrida no está anclada aquí en ninguna condición fundamental. Pero, entonces, ¿cómo se forman las previsiones de los agentes cuando se trata de adivinar adivinanzas de adivinanzas y sucesivas profundidades? En todo caso, surge la pregunta sobre las intervenciones de política que permitirían atajar corridas contra bancos 'solventes pero ilíquidos'. Si la cantidad de consumidores urgidos es conocida, limitar los retiros en $t = 1$ a ese número de depositantes resolvería el problema, porque la magnitud de los fondos devueltos en ese período sería siempre no mayor que los retiros tempranos en el equilibrio sin corrida: en consecuencia, ningún agente tardío tiene incentivos a ponerse en la cola de retiros, y la corrida se diluiría. En DD encuentran que esa medida de 'suspensión de convertibilidad' de los depósitos no funcionaría si el número de consumidores impacientes fuera aleatorio, y que un



Ben Shalom Bernanke



Douglas W Diamond



Philip H Dybvig

esquema de garantía de depósitos puede producir contratos mejores, sujeto a las características del arreglo fiscal subyacente a su financiamiento.

Diamond siguió trabajando, con apreciable impacto, en el filón abierto por DD. Unos años después de DD, en 1984, publicó un artículo analizando el rol de los bancos en resolver problemas de incentivos entre acreedores y deudores sobre la base de su superioridad para procesar información acerca de las condiciones de los demandantes de crédito. Posteriormente, desarrolló modelos centrados en los altibajos de la liquidez de los agentes financieros, y sus efectos reales (por ejemplo, Diamond D y Rajan R, 'Liquidity risk, liquidity creation and financial fragility: A theory of banking', *Journal of Political Economy*, 109 (2): 287-327; 'The credit crisis: Conjectures about

causes and remedies', *The American Economic Review*, 99 (2): 606-610), y se interesó en los procesos asociados con la crisis financiera y macroeconómica de los 2000 en el último de los artículos citados.

Con su formulación canónica y relativamente simple, DD tuvo una amplia aceptación y fue adoptado de manera difundida como referencia básica cuando se trata de analizar implicancias de las condiciones financieras. El artículo es un elemento usual de las listas de lectura en cursos referidos a esos temas. Como indicador de la sostenida pertinencia asignada al modelo, el interés profesional por DD manifestado en citas ha sido considerable a lo largo del tiempo, y mostrado una asociación con la ocurrencia de desarreglos financieros como los de finales de los 2000. 



Daniel Aromi

Ph.D. en economía, University of Maryland at College Park, Estados Unidos.

Profesor investigador, Facultad de Ciencias Económicas, UCA.

Profesor asociado regular, UBA.

aromi.daniel@gmail.com



Daniel Heymann

Ph.D. en economía, Universidad de California, Los Ángeles, Estados Unidos.

Profesor emérito, UBA.

dheyman@econ.uba.ar

Crossfit cerebral N.º 14

Ilusiones y juegos matemáticos

Magia matemática

Vamos a presentar un 'truco de magia' que permite adivinar el día de cumpleaños de una persona a través de unas tarjetas especiales. Vayamos primero al truco y, después, vamos a ver por qué funciona.

La cosa es muy sencilla: se le muestra a algún participante (del que no sepamos su día de cumpleaños, porque la gracia es descubrirlo) las siguientes tarjetas en orden, mientras se le pregunta si ve en cada tarjeta el día de su cumpleaños.

16 17 18 19	8 9 10 11	4 5 6 7
20 21 22 23	12 13 14 15	12 13 14 15
24 25 26 27	24 25 26 27	20 21 22 23
28 29 30 31	28 29 30 31	28 29 30 31

2 3 6 7	1 3 5 7
10 11 14 15	9 11 13 15
18 19 22 23	17 19 21 23
26 27 30 31	25 27 29 31

Se comienza con la tarjeta que tiene el 16, luego la del 8, la del 4, la del 2 y finalmente la del 1. Estos números serán los que identifiquen a cada tarjeta. Para adivinar el día de cumpleaños simplemente se suman los números correspondientes a las tarjetas que haya contestado que sí.

Por ejemplo, si el participante cumple años el día 20, habrá dicho 'sí' en las tarjetas con el 4 y 16, por lo que hacemos $16 + 4 = 20$. Si cumple el 23, dijo que 'sí' a las tarjetas identificadas con el 1, el 2, el 4 y el 16, por lo que hacemos $16 + 4 + 2 + 1 = 23$. Verán que, en realidad, el orden de las tarjetas no importa, siempre y cuando sepamos la identificación de cada una para poder sumar los números correspondientes.

Se pueden imprimir estas tarjetas desde el código QR que dejamos al final para probar con varias personas y convencernos de que realmente funciona. Ahora... ¿por qué funciona? Claramente, quien hace el trabajo es la matemática y vamos a ver de qué manera.

Nosotros estamos acostumbrados a expresarnos en sistema decimal. Cuando escribimos un número, por ejemplo el 235, estamos representando 2 centenas, 3 decenas y 5 unidades. Es decir, $235 = 2 \cdot 100 + 3 \cdot 10 + 5 \cdot 1$. No hacemos esa

cuenta cada vez que leemos un número porque ya lo hemos naturalizado. Notar que 100, 10 y 1 son potencias con base 10:

$$100 = 10^2, \quad 0 = 10^1, \quad 1 = 10^0,$$

(para quien no recuerde, todo número distinto de cero elevado a la cero da 1 como resultado).

Al dar un número como este, es decir, uno de 3 cifras, no solamente estamos diciendo que el número tiene unidades, decenas y centenas, sino que además estamos indicando cuántas de ellas (en nuestro ejemplo, son 5, 3 y 2, respectivamente). Esto último lo hacemos mediante los dígitos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, es decir, tenemos 10 opciones. Así, el número más grande de 3 cifras que podemos formar es tomando 9 unidades, 9 decenas y 9 centenas, y obtenemos el 999.

Pensemos ahora en una máquina mucho más básica que no sepa comprender esto de las cantidades, sino que solo comprenda instrucciones básicas como 'sí/no'. Esto no alcanza para representar un número. Saber que un número sí tiene decenas, no tiene centenas y sí tiene unidades no es suficiente para determinarlo. Hay muchos números que satisfacen esto, por ejemplo: 802, 706, 104, y muchos más.

Si asociamos el 1 con el 'sí' y el 0 con el 'no', estamos ahora considerando solo 2 dígitos en lugar de 10. Cambiemos entonces el sistema decimal por el binario. Esto significa tomar potencias con base 2 en lugar de base 10, y usar solo los dígitos 0 y 1. Para ilustrar la idea vamos a considerar solo las siguientes potencias:

$$2^4, \quad 2^3, \quad 2^2, \quad 2^1, \quad 2^0$$

Esto equivale a los valores 16, 8, 4, 2 y 1, respectivamente. Veamos qué números podemos representar diciendo 'sí' o 'no' en cada una de estas cantidades (lo indicamos con 1 o 0, respectivamente), y luego sumando como lo hicimos con la base 10 al comienzo. Hagamos algunos ejemplos en un cuadro:

16	8	4	2	1	Número representado
1	0	1	0	1	$16 + 4 + 1 = 21$
0	1	1	0	0	$8 + 4 = 12$
0	0	1	1	1	$4 + 2 + 1 = 7$
1	1	0	1	0	$16 + 8 + 2 = 26$

Un número binario es una secuencia ordenada de 1 (unos) y 0 (ceros). Así, el número 21 se expresa en sistema binario como 10101.

¿Cuál es el número más grande que podemos representar utilizando números binarios de 5 dígitos? Esto significa poner un 1 en cada una de las columnas de la tabla anterior, y se obtiene $16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 31$, es decir, suficiente para cubrir todos los días posibles para una fecha de cumpleaños.

Volvamos entonces a las tarjetas a las que, por lo anterior, llamaremos *tarjetas binarias*. Supongamos que alguien cumple años un día 21. ¿En qué tarjetas hubiera dicho que sí? Observando la imagen de las tarjetas, el número 21 aparece en la primera, la tercera y la quinta, y no aparece en la segunda y en la cuarta. ¡Comparar esto con los números de la primera fila de la tabla!

Las tarjetas no están armadas al azar. En la primera están todas las cantidades que en la tabla tendrían un 1 debajo del 16 (por eso son todos mayores o iguales que él en la tarjeta). El mismo razonamiento se aplica a cada tarjeta. En ese orden, las tarjetas representan las columnas de nuestra tabla.

Al decir 'sí' o 'no', estamos completando con los unos y ceros la fila correspondiente al número de cumpleaños, y así podemos calcularlo.

Notar que todos los números impares deben estar sí o sí en la última tarjeta, pues no habría otra forma de obtenerlos si no están allí.

Preguntas

¿Qué cantidad representa el número binario 11111? ¿Cuál es la cantidad más grande que se puede representar con un número binario de 7 dígitos?



De burbujas y algoritmos

Supongamos que estas personas tienen una fila de cartas frente a ellas, dispuestas así:

- Belu tiene bastos: 5, 7, 9, 3, 10, 11
- Orne tiene oros: 10, 9, 6, 4, 2, 1
- Carlos tiene copas: 3, 6, 8, 10, 11, 12
- Elena tiene espadas: 1, 12, 2, 11, 3, 10

Y ordenan las cartas (de menor a mayor) con el siguiente algoritmo:

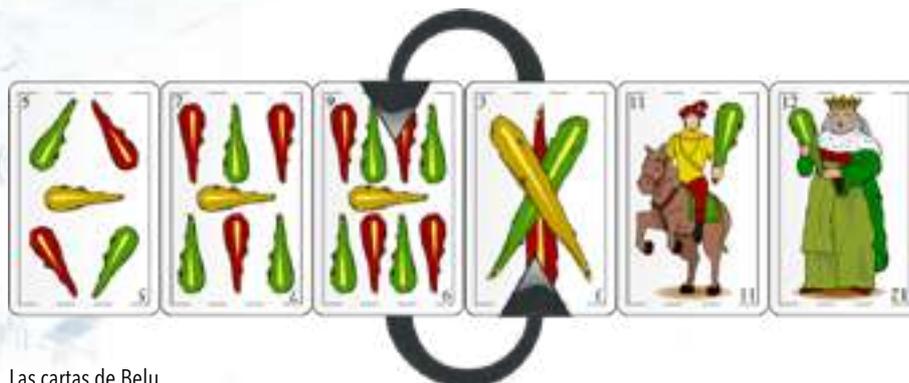
Empezar de la izquierda, tomar la primera carta; si es más chica que la siguiente, volver a dejarla en su lugar y pasar a la siguiente carta. Pero si es más grande, intercambiarla con la carta siguiente y comenzar nuevamente desde la izquierda de todo. Repetir así hasta llegar al final.

¿Quién termina más rápido? ¿Cuál es el peor caso?

Conclusión/corolario

En computación existen los famosos algoritmos, que son nada más ni nada menos que un montón de reglas muy precisas de cómo realizar una tarea, muy probablemente con reglas como esta de 'si estoy en este caso hago esto y si no, lo otro'. Este tipo de reglas o instrucciones son lo que los hacen verdaderamente poderosos, porque les permiten funcionar en *distintos escenarios*. Notemos que cualquiera puede ordenar sus cartas usando el mismo algoritmo, denominado *burbujeo*. Se denomina así porque si te imaginás a Belu, Orne, Carlos y Elena en *cámara rápida*, te va a parecer como que sus cartas grandes son 'burbujas' que van subiendo por la lista.

¿Existirá un algoritmo de ordenamiento que en su peor caso sea aún mejor que el burbujeo? ¿Se te ocurre alguno?



Las cartas de Belu

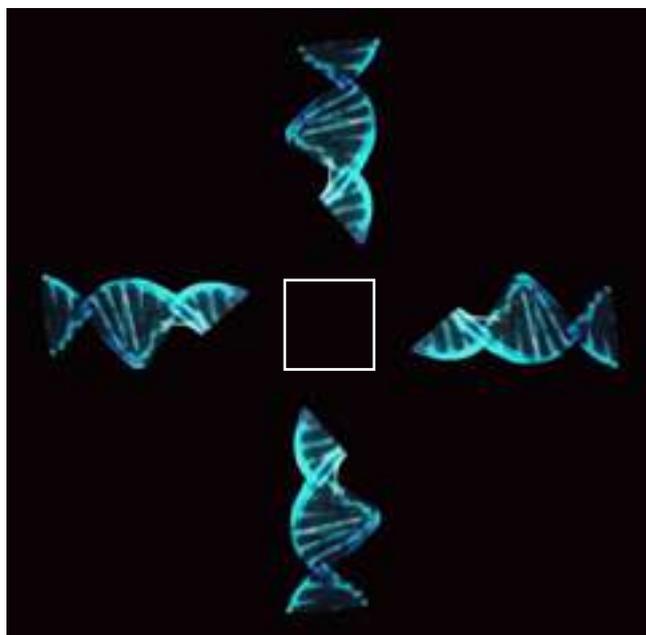
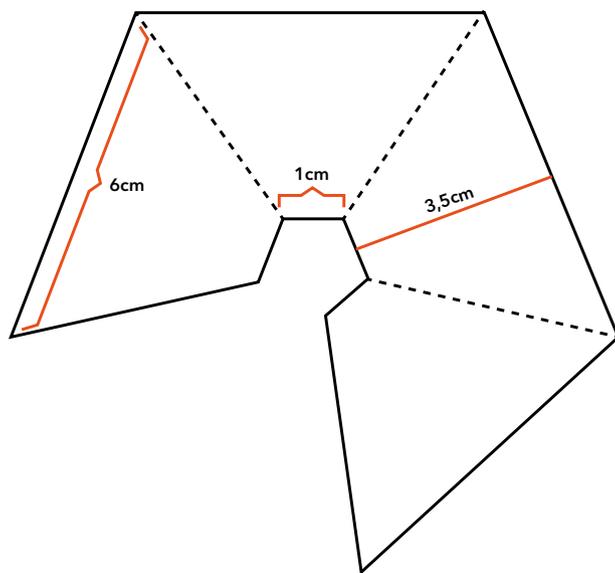


Escaneá con tu celu para ver una animación del ordenamiento por burbujeo

Pirámides holográficas: de la ciencia ficción a tu casa

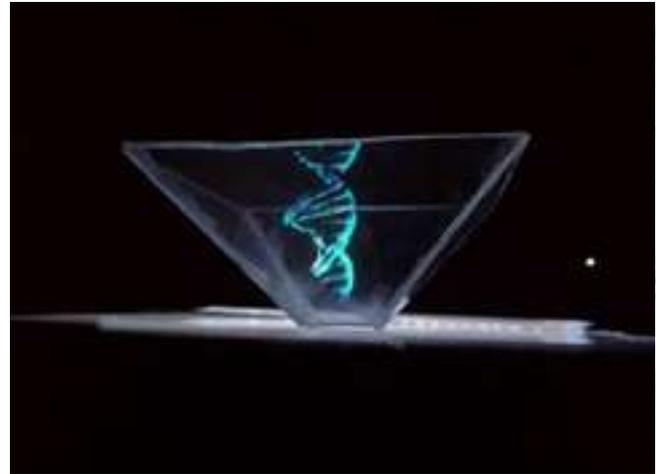
Puede que los hologramas nos recuerden a las películas de ciencia ficción, pero realizar uno de forma casera es en realidad bastante sencillo: basta con tener disponible un celular, acetato transparente (o cualquier plastiquito plano que tengas dando vueltas por ahí), tijeras y pegamento para poder armarlo.

En primer lugar, deberías cortar el acetato siguiendo las medidas de la imagen y pegar los extremos para formar así la pirámide. Luego, buscá una imagen o video similar a la fotografía que te mostramos a continuación, en tu celular (en internet hay muchísimas opciones disponibles para que experimentes). Necesitamos cuatro imágenes idénticas del objeto que queremos ver representado en forma de holograma



dispuestas de manera enfrentada sobre un fondo negro. Por último, simplemente colocá la pirámide sobre tu celular, en el medio de las figuras (donde está representado el cuadrado blanco de la imagen).

En esta instancia, deberías poder visualizar un holograma similar al que te mostramos en la siguiente fotografía. Pero... ¿cómo se produce esta ilusión?

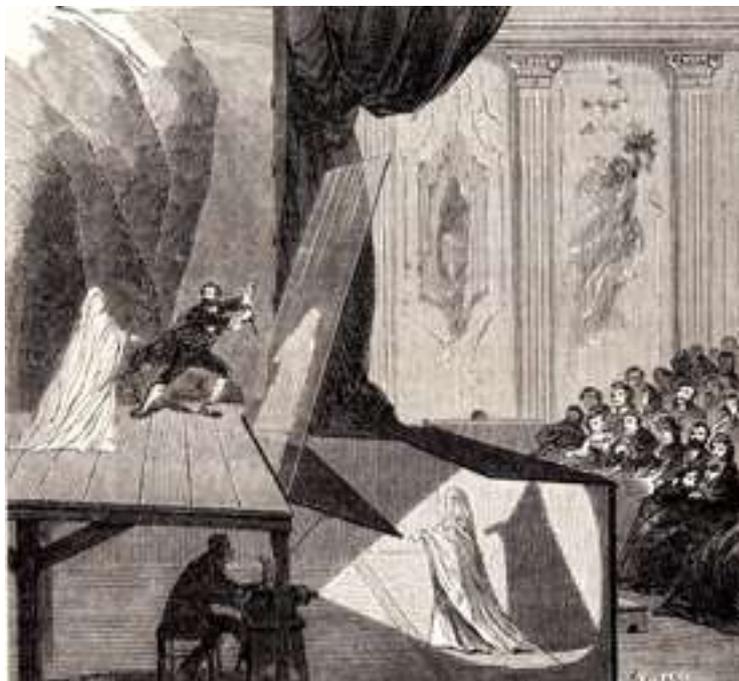


Las pirámides holográficas funcionan gracias al fenómeno de reflexión. La reflexión es el fenómeno óptico por el cual los rayos de luz que inciden sobre una superficie chocan, se desvían y regresan al medio del que salieron formando un ángulo igual al de la luz incidente. Entonces, en este caso, la luz de cada imagen que se emite en la pantalla del celular incide en cada una de las paredes de la pirámide de acetato con un cierto ángulo y se refleja hacia nuestros ojos cuando nos posicionamos en frente de cada una de las caras de la pirámide. Estas cuatro proyecciones en conjunto crean la ilusión de que hay un objeto tridimensional adentro de la pirámide. Una forma alternativa y rápida de probar este fenómeno consiste en inclinar a 45° una tapa de CD o cualquier plástico transparente sobre una imagen en un celular o una computadora. Deberías observar un efecto similar al que se observa con la pirámide.

La ilusión óptica que se logra con la pirámide holográfica fue muy aprovechada en el teatro hacia 1862, aunque con algunas modificaciones. La técnica que se utilizaba se llamaba 'el fantasma de Pepper', y consistía en que el actor que iba a cumplir el rol de fantasma actuara fuera de la vista del público, debajo del escenario (tal como se muestra en el dibujo). Este, a su vez, era fuertemente iluminado, y así, la luz que iluminaba al actor se reflejaba en un vidrio orientado a 45° hacia el público, generando la ilusión de que había una figura fantasmagórica por encima del escenario.

En una versión más moderna de esta misma ilusión, complementada con efectos especiales y animaciones, se logró

homenajear al rapero americano Tupac Shakur, fallecido en 1996. Para esto se proyectaron filmaciones de presentaciones antiguas del cantante sobre una película transparente suspendida en ángulo frente al escenario, generando la ilusión de que el artista estaba encima del escenario.



Soluciones

Magia matemática

El número representa al 63. La cantidad más grande que podemos representar con un número binario de 7 dígitos es 127.

De burbujas y algoritmos

Quien termina más rápido es Carlos, porque tiene la lista ordenada de menor a mayor. Nunca intercambia ninguna carta, así que llega al final de una sin tener que volver a empezar. Quien tarda más es Orne, porque tie-

ne todo ordenado exactamente al revés: así que primero empieza con '10, 9, 6, 4, 2, 1', luego intercambia el 10 por el 9 y vuelve a empezar con '9, 10, 6, 4, 2, 1', y luego el 10 por el 6, y luego vuelve a empezar, y así llevando el 10 hacia el final, luego el 9, luego el 6... y así. Hay muchos algoritmos de ordenamiento, uno de los más interesantes, y muy superior al 'burbujeo' es el *quick sort*, en el que se elige un 'pivote', se separan las cartas menores a ese pivote por un lado, las mayores por el otro, y se vuelven a ordenar con *quick sort* esos dos grupos.

Equipo de la sección 'Ilusiones y juegos matemáticos'

Federico Barrera Lemarchand

Físico, UTDT, UBA-Conicet.
fedex192@gmail.com

Marilina Carena

Matemática, UNL-Conicet.
marilcarena@gmail.com

Giulia Solange Clas

Bióloga, INEU, FLENI-Conicet.
clas.giulia.s@gmail.com

Nicolás Fernández Larrosa

Biólogo, IFIBYNE, UBA-Conicet.
fernandezlarrosanicolas@gmail.com

Pablo Groisman

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

Matías López-Rosenfeld

Computador, UBA-Conicet.
mlopez@dc.uba.ar

Mariano I Martínez (coordinador)

Biólogo, MACN-Conicet.
mmartinez@macn.gov.ar

Juan Pablo Pinasco

Matemático, UBA-Conicet.
jpinasco@gmail.com

Alfredo Sanzo

Ingeniero, UTN, UBA-Conicet.
alfredo.sanzo@gmail.com

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

SUSCRÍBETE A CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!



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

Tel (011) 4029 6033

chicos@cienciahoy.org.ar

 CHicosdeCienciaHoy

 @chicosdecienhoy



¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?



1 visitá

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

2 sumate

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



3 seguinos

por Twitter a través de [@nex_ciencia](https://twitter.com/nex_ciencia)

nexciencia.exactas.uba.ar